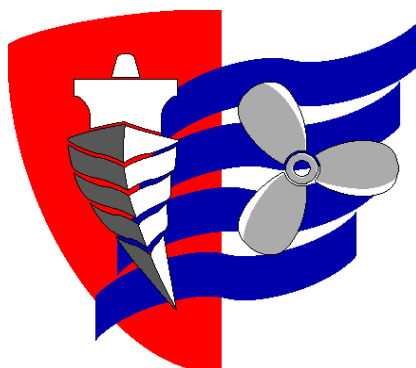


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

PROYECTO DE REMOTORIZACIÓN DE UN YATE

YACHT REMOTORIZATION
PROJECT

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARINA

Autor: Javier Villa Gutiérrez

Director: Sergio García Gómez

Diciembre - 2020

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE
REMOTORIZACIÓN DE UN YATE**

YACHT REMOTORIZATION PROJECT

Para acceder al Título de Grado en

INGENIERÍA MARINA

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer a todas las personas que directa o indirectamente me han ayudado y enseñado en esta etapa de mi vida.

Empezando por mi familia, por la cual he llegado aquí y han confiado en mí, a mis compañeros que me han ayudado y han hecho que hayan sido unos muy buenos cuatro años y por último a mi tutor en este trabajo por guiarme y hacerme más fácil la realización de este proyecto.

Añadir también una especial mención a todos los componentes de Barco Proyectos Náuticos, la empresa en la que realicé las prácticas externas, fue una experiencia muy enriquecedora y gracias a la estancia allí y a la ayuda de estos elegí este tema y conseguí toda la información para realizar este trabajo.

INDICE GENERAL

| | |
|--|-----------|
| 1. MEMORIA | 13 |
| 1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO..... | 13 |
| 1.2 INTRODUCCION A LOS YATES CHÁRTER Y LOS MOTORES MARINOS | 14 |
| 1.3 MOTORES PROPUESTOS..... | 21 |
| 1.3.1 MOTOR MAN | 23 |
| 1.3.2 MOTOR CATERPILLAR | 26 |
| 1.3.3 MOTOR CUMMINS..... | 29 |
| 1.4 MOTOR SELECCIONADO..... | 32 |
| 1.4.1 REDUCTORA | 35 |
| 1.5 NORMATIVA | 39 |
| 2. ANEXOS | 41 |
| 2.1 CALCULOS DEL MOTOR..... | 41 |
| 2.2 CALCULO DE LAS MODIFICACIONES | 43 |
| 2.2.1 MODIFICACIONES EN LA REDUCTORA..... | 43 |
| 2.2.2 MODIFICACIONES EN LA CUADERNA | 45 |
| 2.2.3 MODIFICACIONES EN EL ESCAPE | 55 |
| 2.2.4 MODIFICACIONES EN LA LINEA DE AGUA SALADA. | 58 |
| 2.2.5 MODIFICACIONES EN LA LINEA DE COMBUSTIBLE..... | 62 |
| 2.3 ANEXO CATALOGOS | 65 |
| 2.3.1 REINTJES WAF 164 - 274..... | 66 |
| 2.3.2 REINTJES WAF 344 - 444..... | 67 |
| 2.3.3 MANUAL MOTOR MAN | 68 |
| 3.PLANOS..... | 73 |
| 4.PLIEGO DE CONDICIONES..... | 86 |
| 4.1 GENERALIDADES | 86 |
| 4.2 SEGURIDAD Y SALUD..... | 87 |
| 4.3 DIRECCIÓN Y DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN | 87 |
| 4.4 RELACIONES ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y LA NORMATIVA..... | 88 |
| 4.4.1 CONTRADICCIONES ENTRE DOCUMENTOS DEL PROYECTO..... | 88 |
| 4.4.2 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA LEGISLACIÓN ADMINISTRATIVA GENERAL..... | 88 |
| 4.4.3 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA NORMATIVA TÉCNICA..... | 88 |
| 4.4.4 SUBCONTRATOS | 88 |
| 4.4.5 ENSAYOS Y RECONOCIMIENTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.. | 89 |
| 4.4.6 CASOS DE RESCISIÓN | 89 |
| 4.4.7 OBRAS CUYA EJECUCIÓN NO ESTÁ TOTALMENTE DEFINIDA EN ESTE PROYECTO | 89 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4.8 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES..... | 90 |
| 4.5 NORMATIVAS Y PRUEBAS | 90 |
| 4.5.1 MODIFICACIONES..... | 90 |
| 4.5.2 MATERIALES..... | 90 |
| 4.5.3 PRUEBAS | 91 |
| 4.5.4 RECEPCIÓN PROVISIONAL..... | 91 |
| 4.5.5 RECEPCIÓN DEFINITIVA | 92 |
| 4.5.6 AYUDAS..... | 92 |
| 4.5.7 PERSONAL..... | 92 |
| 4.5.8 RECUBRIMIENTOS | 92 |
| 4.5.9 EQUIPOS Y MONTAJE..... | 93 |
| 4.5.10 PLANOS..... | 93 |
| 5. PRESUPUESTO | 95 |
| 6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 98 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Yate charter..... | 15 |
| Figura 2. Comparación de los tres motores. | 22 |
| Figura 3. Motor MAN D2868 LE443 | 23 |
| Figura 4. Consumo motor MAN (g/kWh)..... | 24 |
| Figura 5. Comparación consumos MAN y CAT (l/hr) | 25 |
| Figura 6. Comparación consumos CAT Y MAN | 26 |
| Figura 7. Motor CATT C18 ACERT | 27 |
| Figura 8. Consumo motor CAT (g/kWh) | 27 |
| Figura 9. Comparación consumos CATERPILLARS (l/hr) | 28 |
| Figura 10. Comparación emisiones CAT nuevo y CAT actual..... | 29 |
| Figura 11. Motor CUMMINS..... | 30 |
| Figura 12. Comparación consumos CUMMINS y CAT (l/hr)..... | 31 |
| Figura 13. Comparación emisiones CAT y CUMMINS..... | 32 |
| Figura 14. Gráfica Potencia/rpm entre el motor actual y el MAN. | 33 |
| Figura 15. Reductora..... | 35 |
| Figura 16. Engranajes de la reductora..... | 36 |
| Figura 17. Conexión free-standing | 36 |
| Figura 18. Conexión UEK..... | 37 |
| Figura 19. Conexión Flange-mounted | 37 |

| | |
|---|----|
| Figura 20. Conexión u-drive..... | 37 |
| Figura 21. Curvas del motor MAN | 42 |
| Figura 22. Curvas motor CATERPILLAR | 42 |
| Figura 23. Comparación apoyos | 45 |
| Figura 24. Diseño de la extensión..... | 46 |
| Figura 25. Reparto de pesos | 47 |
| Figura 26. Cálculo tensional apoyo motor | 49 |
| Figura 27. Cuaderna actual..... | 50 |
| Figura 28. Rediseño de la Cuaderna para motor | 50 |
| Figura 29. WAF 344 | 51 |
| Figura 30. WAF 264 | 52 |
| Figura 31. Diseño apoyo reductora..... | 52 |
| Figura 32. Cálculo tensional apoyo reductora | 53 |
| Figura 33. Rediseño de la cuaderna para reductora | 54 |
| Figura 34. Escape motor actual | 55 |
| Figura 35. Rediseño del escape para el motor MAN | 56 |
| Figura 36. Manta térmica extraíble | 58 |
| Figura 37. Entrada de agua salada | 58 |
| Figura 38. Salida del agua salada | 59 |
| Figura 39. Sistema de agua salada actual..... | 60 |

| | |
|---|----|
| Figura 40. Rediseño del sistema de agua salada..... | 61 |
| Figura 41. Entrada/Salida de combustible..... | 62 |
| Figura 42. Sistema de combustible actual..... | 63 |
| Figura 43.Rediseño del sistema de combustible..... | 64 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Presiones de las diferentes partes del motor | 16 |
| Tabla 2. Emisiones NOx | 18 |
| Tabla 3. Emisiones SOx | 20 |
| Tabla 4. Tabla comparativa motor MAN | 23 |
| Tabla 5. Comparación consumo MAN y CAT | 24 |
| Tabla 6. Tabla comparativa motor CATT y actual. | 27 |
| Tabla 7. Comparación consumos CATERPILLARS..... | 28 |
| Tabla 8. Tabla comparativa motor Cummins | 30 |
| Tabla 9. Comparación consumos CAT Y CUMMINS | 31 |
| Tabla 10. Dimensiones Motor CATERPILLAR | 34 |
| Tabla 11. Dimensiones motor MAN..... | 34 |
| Tabla 12. Valores del motor MAN | 44 |
| Tabla 13. Resultados de la prueba en el apoyo del motor..... | 49 |
| Tabla 14. Medidas de las reductoras..... | 51 |
| Tabla 15. Resultados de la prueba del apoyo de la reductora | 54 |
| Tabla 16. Espesor en función del diámetro | 62 |

RESUMEN

En este proyecto se tratará la remotorización de un yate y el rediseño de ciertos elementos contiguos al motor como pueden ser los escapes o los apoyos del motor todo ello bajo el amparo y la aprobación de la sociedad clasificatoria a la que pertenece el yate.

Este yate tendrá dos motores de 651kW a 2200 rpm y se buscará colocar otros dos motores de una casa constructora diferente de características similares a los actuales para que se puedan ajustar lo máximo posible a los parámetros actuales del motor. De igual manera, habrá que estudiar el posible cambio de la reductora en el caso de que el par sea mayor que el de esta.

Se llevará a cabo una memoria descriptiva en la que se detallan y analizan todos los elementos que tendrán influencia en el diseño del proyecto. Así mismo se hará una introducción a los motores marinos, en este caso de 4 tiempos, a su clasificación, a su normativa y a su chárter.

En el desarrollo, se realizarán una serie cálculos y planos con el fin de conocer los nuevos parámetros del motor y ajustar estos nuevos motores en los espacios actuales.

PALABRAS CLAVE: Motor, Diseño, Cuaderna, Escapes y Reductora

ABSTRACT

In this project, the remotorization of a yacht and the redesign of certain elements adjacent to the engine, such as the exhausts or the engine supports, will be dealt with, all under the protection and approval of the classification society to which the yacht belongs.

This yacht will have two engines of 651kW at 2200 rpm and it will be sought to place two other engines from a different construction company with similar characteristics to the current ones so that they can be adjusted as much as possible to the current parameters of the engine. Similarly, it will be necessary to study the possible change of the gearbox in the event that the torque is greater than that of the gearbox.

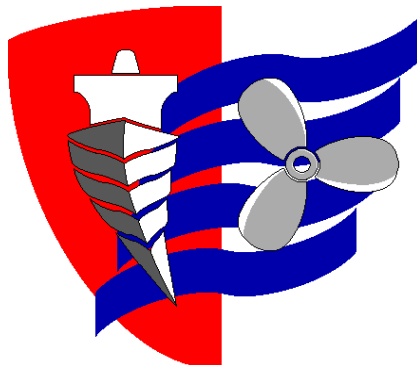
A descriptive report will be carried out, detailing and analysing all the elements that will influence the design of the project. Also an introduction to the marine engines in this case 4 stroke and the working method of the yacht, which is charter

In the development, a series of calculations and drawings will be made in order to know the new engine parameters and to adjust these new engines in the current spaces.

KEY WORDS: Engine, Design, Frame, Exhaust and Gearbox

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MEMORIA

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

1. MEMORIA

1.1 OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto consiste en realizar la remotorización de un yate de Clase A, cuya sociedad de clasificación es RINA (Registro Italiano Navale), cambiando sus dos motores principales, para esto habrá que realizar una serie de trámites antes de comenzar con la instalación. Antes de comenzar con las modificaciones habrá que notificar a la administración y a la sociedad de clasificación de dicho trabajo junto con la documentación necesaria. La sociedad de clasificación revisará en primera instancia que tanto el motor como la reductora cumplen los requisitos, de igual manera controlarán que los nuevos apoyos sobre los que van a ir estos pasen las pruebas rutinarias de resistencia y las soldaduras de estos apoyos serán verificadas por un inspector. La sociedad de clasificación mandará a un inspector para comprobar la estanqueidad de las tuberías del nuevo motor, así como del escape. Por último, una vez montados los motores, se procederá a realizar pruebas de mar en las que se analizarán las vibraciones, los ruidos, la potencia del motor y el correcto funcionamiento de todos los elementos previamente instalados.

El motivo por el cual se procede al cambio de motores es debido a las nuevas normativas sobre la contaminación en los gases de escape, potenciadas por la necesidad de hacer un cambio en la reducción de la contaminación de la atmosfera, debe cambiar sus dos motores principales por unos que se ajusten a las nuevas normativas y que pueda cumplir los posibles cambios que surjan en el futuro.

Actualmente se busca que los motores tengan un mayor rendimiento y que emitan unos bajos niveles de NOx a la atmosfera.

Tras analizar diferentes motores de diferentes casas constructoras y tras contactar con los representantes en España de dichas marcas y que nos facilitasen planos e información de los motores me decanté por acoplar un motor MAN.

1.2 INTRODUCCION A LOS YATES CHÁRTER Y LOS MOTORES MARINOS

El significado de chárter es el siguiente: “Un chárter, es aquel que se lleva a cabo de forma específica para una situación en particular; es decir, que no forma parte de los trayectos habituales y que no se ofrece por los canales de comercialización tradicionales” [1].

El sistema de alquiler o chárter de yates se denomina arrendamiento y este viene regulado por el contrato de arrendamiento, el cual podemos encontrar en la Ley 14/2014, de 24 de julio, de Navegación Marítima (LNM) que encontraremos en la página del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana y dice: “ El contrato de arrendamiento náutico es aquel en el arrendador cede o pone a disposición del arrendatario, a cambio de precio, un buque o embarcación por un período de tiempo y con una finalidad exclusivamente deportiva o recreativa”. [3]

Existirán diferentes tipos de arrendamiento, pero en este caso el yate sobre el cual vamos a trabajar será de arrendamiento náutico con dotación, en este tipo, el arrendador se responsabilizará de que tanto la persona al mando de la embarcación como los tripulantes tengan la titulación necesaria para el gobierno de la embarcación.

Este buqué será, como manda la ley, un buque de la lista 6ª del Registro de Matrícula de Buques, ya que al tratarse de un buque con fin lucrativo se deberá inscribir en esta lista.

De igual manera los buques para arrendamiento también se pueden clasificar en función de sus dimensiones y el buque sobre el que vamos a tratar será un charter 5 estrellas, estos yates pueden ser tanto de vela como de motor y de una gran eslora, la cual irá desde los 20 metros y llegando hasta los 136 metros que es el actual yate más largo para charters. En estos megayates la tripulación supera en número a los invitados y están equipados con todo tipo de lujos y elementos para realizar actividades acuáticas. [2]

En el caso del yate que vamos a trabajar, se trata de un buque de 40.9 m de eslora, una manga de 8.4m, un calado de 2.25m y con un peso neto de 388GT.

En este yate charter normalmente el trayecto suele ser corto y se suele estar más tiempo fondeado que en navegación, este realizará la ruta que pida el cliente, pero la más común en función de donde se encuentra su puerto base, el cual está en Puerto Adriano, Mallorca, es la de Mallorca-Ibiza fondeando al llegar a este último.

El precio de alquilar un barco de recreo de estas dimensiones para realizar un chárter suele ser bastante elevado, entorno a los 150.000 euros por semana incluidos los gastos.



Figura 1. Yate charter

[1]

Los motores marinos existen tanto de dos tiempos como de cuatro tiempos, generalmente, los motores de dos tiempos son utilizados para grandes potencias y lentos y los motores de cuatro tiempos para bajas potencias y una alta velocidad.

Existen dos tipos de motores marinos en función de las horas de funcionamiento anuales, y estos son motores marine pleasure y motores marine comercial.

Los motores marine pleasure o de servicio ligero son los motores diseñados para un uso anual de 1000 horas como máximo, para un porcentaje de horas de funcionamiento a plena carga inferior al 20% y un promedio de horas a plena carga inferior al 50%, estos motores suelen ser de pequeñas dimensiones y de igual manera, de pequeñas potencias. El motor con una potencia nominal de 220 kW y superior debe estar equipado con un dispositivo protector de sobrevelocidad separado, ajustado de tal manera que el motor no pueda sobrepasar la velocidad nominal en más de un 20%. Cuando los principales motores de combustión interna están dispuestos para el arranque eléctrico, se deben colocar al menos dos juegos de baterías separadas. La disposición debe ser tal que las baterías no puedan ser conectadas en paralelo, cuando el sistema esté en servicio normal; en condiciones de emergencia, se puede aceptar un enlace temporal entre las dos baterías. Cada batería debe ser capaz de arrancar el motor principal cuando esté en frío y lista para ser puesta en marcha. La capacidad combinada de las baterías ha de ser suficiente para proporcionar en un plazo de 30 minutos, sin recargar, el número de las salidas requeridas.

Los dispositivos de arranque eléctrico para los motores auxiliares pueden tener baterías de almacenamiento separadas o pueden ser alimentados por circuitos de las baterías de almacenamiento del motor principal, cuando éstas estén disponibles. La capacidad combinada de las baterías ha de ser suficiente para al menos tres arranques para cada motor. Una de las baterías de arranque sólo debe usarse para el arranque y para la alarma y el control del motor. Se deben tomar medidas para mantener la energía almacenada en todo momento. Cada dispositivo de carga debe tener al menos la capacidad suficiente para recargar la capacidad necesaria de las baterías dentro de 6 horas [18].

En cuanto a las presiones que habrá en cada parte del motor lo podemos observar en la Tabla 1 aquí representada.

| Parts under pressure | | Test pressure (MPa) (1) (2) |
|----------------------|---|--|
| 1 | Cylinder cover, cooling space (3) | 0,7 |
| 2 | Cylinder liner, over the whole length of cooling space | 0,7 |
| 3 | Cylinder jacket, cooling space | 0,4 (but not less than 1,5 p) |
| 4 | Exhaust valve, cooling space | 0,4 (but not less than 1,5 p) |
| 5 | Piston crown, cooling space (3) (4) | 0,7 |
| 6 | Fuel injection system a) Fuel injection pump body, pressure side b) Fuel injection valve c) Fuel injection pipes | 1,5 p (or p + 30, if lesser) 1,5 p (or p + 30, if lesser) 1,5 p (or p + 30, if lesser) |
| 7 | Hydraulic system • Piping, pumps, actuators etc. for hydraulic drive of valves | 1,5 p |
| 8 | Scavenge pump cylinder | 0,4 |
| 9 | Turbocharger, cooling space | 0,4 (but not less than 1,5p) |
| 10 | Exhaust pipe, cooling space | 0,4 (but not less than 1,5 p) |
| 11 | Engine driven air compressor (cylinders, covers, intercoolers and aftercoolers) a) Air side b) Water side | 1,5 p 0,4 (but not less than 1,5 p) |

| Parts under pressure | | Test pressure (MPa) (1) (2) |
|----------------------|---|-------------------------------|
| 12 | Coolers, each side (5) | 0,4 (but not less than 1,5 p) |
| 13 | Engine driven pumps (oil, water, fuel, bilge) | 0,4 (but not less than 1,5 p) |

Tabla 1. Presiones de las diferentes partes del motor

[18]

Estos se suelen utilizar en yates como es el caso del que vamos a tratar o en embarcaciones que no realizan trayectos de larga distancia y están más tiempos varados o en puerto que en travesía, como pueden ser yates, prácticos, etc. Estos motores se caracterizan por su diseño compacto y peso reducido.

Por otro lado, tenemos los motores marine comercial o de servicio intermitente, estos motores están diseñados para un uso inferior a 3000 horas anuales, un porcentaje de horas

de funcionamiento a plena carga inferior al 50% y un promedio de horas a plena carga inferior al 70%. Son utilizados en embarcaciones con grandes potencias y que estarán la mayor parte de su vida en funcionamiento, como pueden ser patrulleras, barcos oceanográficos... ambos modelos de motores, marine pleasure y marine comercial, tendrán más o menos las mismas dimensiones, pero con una diferencia de peso respecto a los marine pleasure, lo que les diferenciará entonces será el par motor.

Por último, existirán los motores de servicio pesado, estos estarán diseñados sin límite de horas anuales de funcionamiento y podrán trabajar a un porcentaje de horas de funcionamiento a plena carga menor al 100% y un promedio de horas a plena carga menor a 100% igualmente. Serán utilizados en embarcaciones de pesca, remolcadores, barcas, ferries, dragas, etc. Al igual que los anteriores, en cuanto a dimensiones serán parecidos, pero con la diferencia de que estos tendrán un mayor par que los otros dos modelos anteriormente mencionados y respecto a los marine pleasure existirá una diferencia en cuanto al peso.

En el caso de los motores sobre los que vamos a trabajar, se trata de motores de 4 tiempos rápidos, los cuales tendrán un régimen de revoluciones en torno a las 2200 rpm.

Tanto este tipo de motores como cualquier otro está controlado en cuanto a las emisiones por la OMI (Organización Marítima Internacional).

El 19 de mayo de 2005 entró en vigor el Anexo VI, el cual se aplica a los motores diésel marinos instalados de potencia de salida superior a 130 kW distintos de los utilizados exclusivamente para casos de emergencia del convenio MARPOL titulado “Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques”. Este anexo incluye a todos los motores diésel marinos, los cuales deberán ajustarse a los límites de emisiones marcados por dicho código [4] [5].

El MEPC 53, el cual se celebró en julio de 2005 determinó que se revisara tanto el MARPOL como el código que interviene sobre el NOx para endurecer las medidas sobre este, tras dicha revisión se creó el MEPC 58 en octubre de 2008.

Todo motor diésel marino por lo tanto sufrirá estos reconocimientos en cuanto a la contaminación [5]:

- Reconocimiento de certificación previa que garantice que el motor, conforme a su proyecto y equipo, se ajusta al límite aplicable de emisión de NOx indicado en el

apartado de “Óxidos de NOx”, en el caso de que se confirma que el motor se encuentra en los límites en cuanto a contaminación se expedirá por parte de la administración un Certificado EIAPP. Este certificado es el reconocimiento inicial que se realiza a bordo, pero antes de que el motor se encuentre en servicio.

- Reconocimientos anuales y de renovación, los cuales se llevarán a como parte de los reconocimientos normales del buque.
- Reconocimiento inicial de certificación, el cual se realizará cada vez que al motor se le realice una transformación importante con el objetivo de que dicha transformación siga cumpliendo con la normativa de emisiones de NOx.

Se han creado tres clases distintivas en función del año del motor en cuanto a la contaminación y estos se llaman Nivel I, Nivel II y Nivel III.

| Nivel | Fecha de construcción del buque | Valor límite de emisión ponderada total del ciclo (g/kWh) n = régimen nominal del motor (rpm) | | |
|-------|---------------------------------|--|--|----------|
| | | n < 130 | n = 130 - 1999 | n ≥ 2000 |
| I | 1 enero 2000 | 17.0 | $45 \cdot n^{(-0.2)}$ por ejemplo, 720 rpm – 12.1 | 9.8 |
| II | 1 enero 2011 | 14.4 | $44 \cdot n^{(-0.23)}$ por ejemplo, 720 rpm – 9.7 | 7.7 |
| III | 1 enero 2016* | 3.4 | $9 \cdot n^{(-0.2)}$ por ejemplo, 720 rpm – 2.4 | 2.0 |

Tabla 2. Emisiones NOx

[5]

Nivel 1:

En este nivel se prohíbe el uso de cualquier motor diésel marino instalado en cualquier buque construido entre el 1 de enero del 200 y el 1 de enero de 2011, a no ser que la cantidad de óxido de nitrógeno emitido se encuentre dentro del siguiente límite de emisiones.

Si las revoluciones son inferiores a 130 deberá emitir 17 g/kWh, en el caso de que las revoluciones sean iguales o superiores a 130 rpm pero menores a 2000 podrá emitir $45 \cdot n^{(-0.2)}$ y en el caso de que las revoluciones sea superiores o iguales a 200 deberá emitir 9,8 g/kWh.

Nivel 2:

Se prohibirá el funcionamiento de cualquier motor marino diésel instalado en un buque construido entre el 1 de enero de 2011 o posterior a no ser que cumpla los siguientes límites de emisiones.

En este segundo nivel los buques deberán emitir 14,4 g/kWh si sus revoluciones por minuto son inferiores a 130, en el caso de que sean 130 rpm pero inferiores a 2000 rpm se podrá emitir $44 \cdot n^{(-0.2)}$ y en el caso de que las revoluciones sea superiores o iguales a 2000 se deberá emitir 7,7 g/kWh.

Nivel 3:

Se prohíbe el funcionamiento de cualquier motor marino diésel a partir del 1 de enero de 2016 a menos que cumpla los siguientes límites en cuanto a emisiones.

3,4 g/kWh en el caso de que las revoluciones sean inferiores a 130 rpm, $9 \cdot n^{(-0.2)}$ en el caso de que las revoluciones por minuto sean iguales o superiores a 130 pero inferiores a 2000 y 2,0 g/kWh si las revoluciones son iguales o superiores a 2000.

Estas normas del nivel III no serán aplicadas a un motor diésel marino instalado en un buque construido antes del 1 de enero 2021, de arqueo bruto inferior a 500 toneladas, de eslora igual o superior a 24 metros, el cual sea específicamente para fines lucrativos.

En el caso de los motores de este buque, ya que es construido en 2011 y no tiene ninguna reforma o sustitución de los motores, se trata de un buque de nivel II, por lo que se busca por medio de la instalación de los nuevos motores estar en el nivel III y por lo tanto, en el caso de que se modifique la normativa en cuanto a emisiones y se reduzcan las cantidades de emisión, poder estar dentro de esta nueva.

El Anexo VI, revisado, establecerá el límite máximo de contenido de azufre del 3,50% actual al 0,50% que se establecerá a partir del 1 de enero de 2020 y para esto se realizará un estudio de viabilidad como máximo en 2018. En cuanto a la emisión de azufre, SOx,

existirán diferentes límites en función de las zonas por las que se vaya a transitar.

| Fuera de una ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada | En una ECA establecida para limitar las emisiones de SOx y de materia particulada |
|---|---|
| 4,50% masa/masa antes del 1 de enero de 2012 | 1,50% masa/masa antes del 1 de julio de 2010 |
| 3,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2012 | 1,00% masa/masa a partir del 1 de julio de 2010 |
| 0,50% masa/masa a partir del 1 de enero de 2020* | 0,10% masa/masa a partir del 1 de enero de 2015 |

Tabla 3. Emisiones SOx

[6]

En el caso del yate sobre el que vamos a tratar, al ser menor de 600 GT y no navegar fuera del mediterráneo en este caso, no le afectará las emisiones límites al navegar fuera de una zona ECA (Emission Control Area). Como podemos ver, este mismo año se ha reducido las emisiones a 0,5 % fuera de una ECA, lo que es un valor muy reducido.

Las ECA establecidas son las siguientes:

- zona del mar Báltico.
- zona del Mar del Norte.
- Zona de Norteamérica (que entró en vigor el 1 de agosto de 2012).
- Zona del mar Caribe de los Estados Unidos (que entró en vigor el 1 de enero de 2014).

El Mar Mediterráneo, por donde va a navegar nuestro buque, no se encuentra en una zona ECA pero los países pertenecientes a este mar están estudiando la entrada en zona ECA para 2024 como pronto y de esta forma reducir la alta contaminación que existe en el Mediterráneo debido al transporte marítimo. El límite de emisiones y el control de la contaminación del entorno marino en el Mar Mediterráneo lo realiza el PNUMA / PAM (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente / Plan de Acción para el Mediterráneo), los cuales mantendrán el límite de SOx en este mar en 0,2% de azufre. [7]
[8].

1.3 MOTORES PROPUESTOS

Para la correcta selección del motor a intercambiar, previamente, realicé un estudio con diferentes motores de diferentes constructores analizando las dimensiones de estos gracias a los planos que me facilitaban las casas constructoras junto con el motor acoplado actualmente.

En los motores marinos existen motores rápidos, motores de velocidad media y motores lentos, en este caso al tratarse de un yate, estará equipado con un motor rápido.

Los motores lentos son motores de grandes dimensiones usados en grandes buques mercantes, estos trabajarán a un máximo de 240rpm, normalmente serán de dos tiempos diésel y serán los que mayor potencia proporcionen. Al tener bajas revoluciones por minuto son capaces de ir conectados directamente a la hélice sin la necesidad de engranajes reductores.

En el caso de los motores de velocidad media, se tratará de motores de cuatro tiempos que alcanzarán un máximo de 1200 rpm utilizados en buques de carga o de pasaje. Al tratarse de motores con unas revoluciones mayores ya será necesario la instalación de engranajes reductores entre el motor y la hélice.

Por último, los motores rápidos, son motores de cuatro tiempos diésel que trabajarán a un máximo de 3000 rpm. Este tipo de motores serán utilizados en embarcaciones de recreo y será necesario un engranaje reductor para transmitir el par a la hélice.

En función de las horas de uso que se va a dar al motor habrá que seleccionar diferentes tipos. Por lo tanto, como ya he comentado antes, existen motores marine pleasure, los cuales están diseñados para un uso de hasta 1000 horas anuales y los motores marine comercial, que podrán hacer hasta 3000 horas anuales.

En el caso del yate sobre el que estamos trabajando, el tipo de motor que montará será un marine pleasure debido a que el motor trabajará menos de 1000 horas anuales, ya que la mayoría del tiempo en el que el barco se encuentre fuera de puerto este estará varado. Para este caso no sería factible la instalación de un motor marine comercial, ya que estos están diseñados como ya bien he dicho antes para 3000 horas anuales y en nuestro caso no le daríamos el uso que se manda, por lo que es posible que al cabo de un tiempo el motor empezase a dar problemas por el poco uso, otro inconveniente para el montaje de este sería su mayor tamaño y mayor peso que el actual, lo que supondría una gran modificación en la sala de máquinas, y un aumento del presupuesto, para reajustar todo y que así pudiese entrar, también provocaría un desajuste en la estabilidad del buque

debido a la diferencia de pesos entre el actual y un comercial marine, otro inconveniente es la gran potencia de este, lo que haría que se tuviese que modificar la reductora y la hélice, lo que aumentaría considerablemente el presupuesto y por último la diferencia en el precio de ambos motores, el motor marine comercial, al tratarse de un motor de mayores dimensiones y mayores potencias será mucho más caro que un marine pleasure. En dicho estudio analicé motores MAN, CATERPILLAR, y motores CUMMINS partiendo de que todos deberían ser marine pleasure.

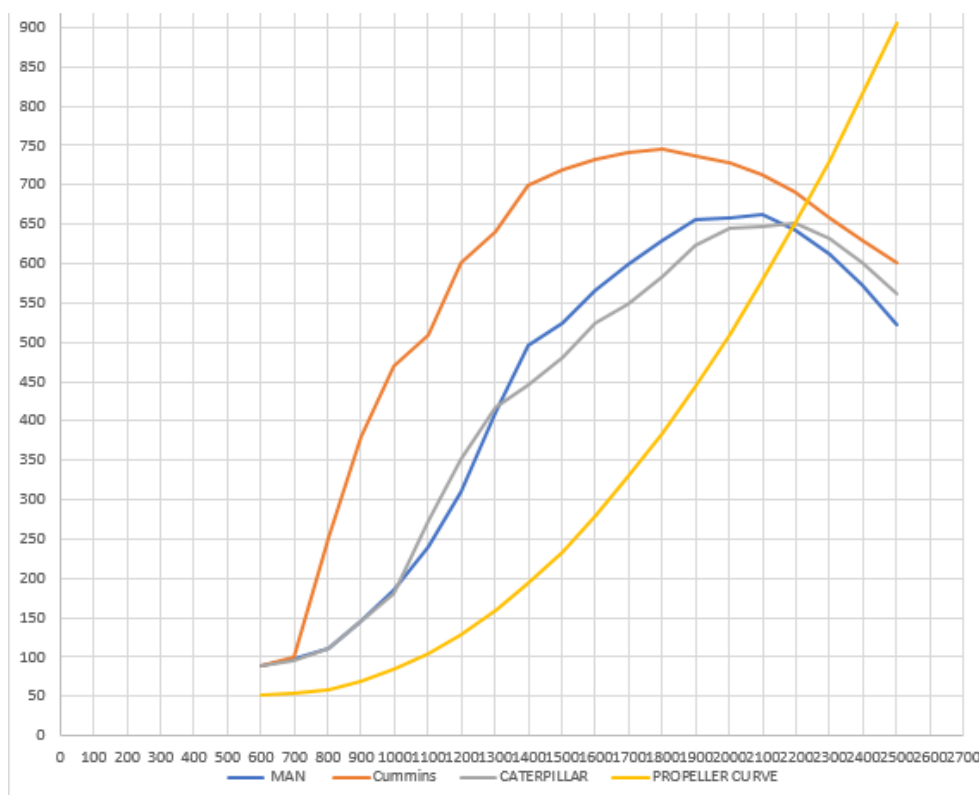


Figura 2. Comparación de los tres motores.

[Fuente Propia]

En esta tabla de potencia/rpm (Figura 2), podemos observar los tres motores propuestos, el motor MAN en azul, el motor CUMMINS en naranja y el motor CATERPILLAR en gris, mientras que la curva amarilla será la hélice. La curva gris como vemos corta a la hélice en 651kW y 2200 rpm mientras que el motor CUMMINS a la hélice la cortaría en un punto de mayor potencia y mayores revoluciones por minutos y el motor MAN la cortará en un punto de menor potencia y menores revoluciones por minuto.

1.3.1 MOTOR MAN

Empezaremos exponiendo el motor MAN. Esta se trata de una empresa alemana fundada en el 1758 especializada en la fabricación de motores para el sector del transporte.

Tras buscar en la página web hemos encontrado que, en cuanto a dimensiones, potencia y par, el que encajaba con los requisitos actuales se trataba del D2868 LE443 v8. Tras contactar con los distribuidores en España me facilitaron una serie de datos y de plano, los cuales adjunto en el apartado de planos. Este motor, se trata de un motor diésel v8 de cuatro tiempos. Este tiene una potencia de 662kW funcionando a un máximo de 2100rpm y un par de 3325N/m y unas dimensiones de 1153mm de ancho, 1745 de profundidad y 1177mm de altura (Tabla 4).

| | rpm | Par (N/m) | Ptencia (kW) |
|------------------|------|-----------|--------------|
| Motor MAN | 2100 | 3010 | 662 |
| Motor CAT actual | 2200 | 2816 | 651 |

Tabla 4. Tabla comparativa motor MAN

[Fuente Propia]

En esta tabla podemos observar una comparación en cuanto a la potencia y al par entre el motor MAN y el motor actual CATERPILLAR en la que observamos como existe una clara diferencia en cuanto al par de ambos motores. Esto podrá suponer la sustitución de la reductora actual por una de mayor par para poder soportar este, en caso de seleccionar este motor habría que estudiar su sustitución.



Figura 3. Motor MAN D2868 LE443

[9]

En la Figura 3 podemos observar una vista del motor MAN sobre el que vamos a trabajar.

En cuanto a los consumos de este motor comparados con los del motor actual, el motor MAN tendrá un consumo específico de fuel de 215 g/kWh, un consumo absoluto de 169 g/h y un consumo mínimo de 206 g/kWh. Como podemos ver en la Figura 4, en 1600 revoluciones por minuto será el punto de menor consumo y en la sección que se encuentra entre las 1300 rpm y las 1800 rpm el consumo del motor se encontrará por debajo del consumo medio, por lo que se deberá navegar entre ese rango de revoluciones para mantener un consumo bajo.

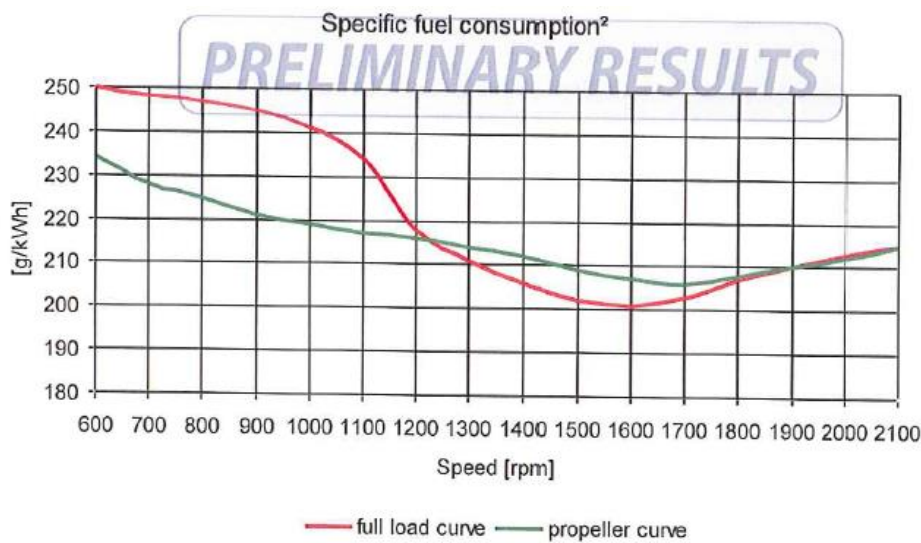


Figura 4. Consumo motor MAN (g/kWh)

[10]

| motor | consumo medio (g/kWh) | consumo mínimo (g/kWh) |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| MAN | 215 | 206 |
| CATERPILLAR | 230,2 | 219,9 |

Tabla 5. Comparación consumo MAN y CAT

[Fuente Propia]

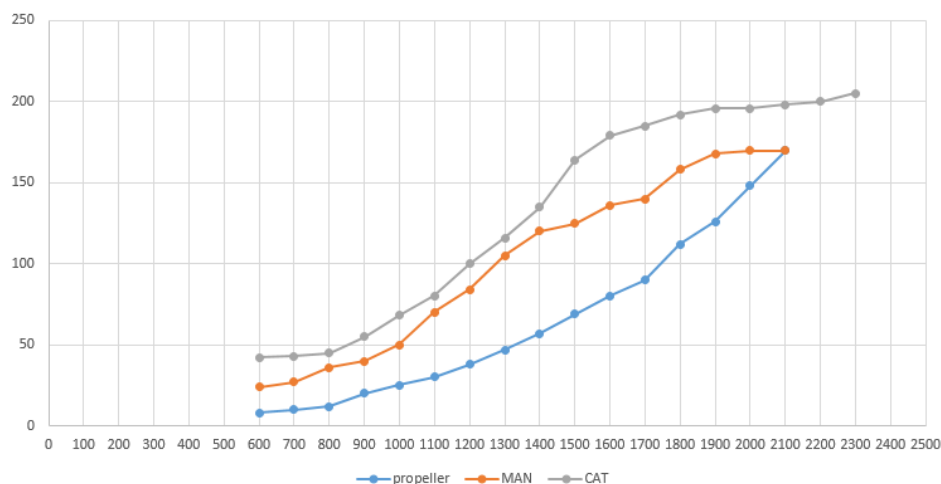


Figura 5. Comparación consumos MAN y CAT (l/hr)

[Fuente Propia]

Como podemos observar en la Tabla 5 y en la Figura 5, existe una gran diferencia entre los consumos de ambos motores, en cuanto al consumo medio existe una diferencia de 13,4 g/kWh, esto hará que en cuanto a consumos salga más rentable instalar el motor MAN que mantener el motor CATERPILLAR actual.

El motor MAN en cuanto a emisiones estará un nivel por encima que el motor CATERPILLAR, es decir, el MAN está en un IMO nivel II y nivel 3 EPA, la cual es la clasificación estadounidense, mientras que el CATERPILLAR al ser fabricado antes de 2011 será un IMO nivel I. Como ya hemos visto en la Tabla 1, existirá una notable diferencia en cuanto a las emisiones límites de ambos motores, lo que hará que cambiar a este motor MAN sea una ventaja ya que si implantan una nueva normativa con este motor seguramente se cumpla lo pedido, mientras que con los motores actuales no se alcancen los objetivos requeridos (Figura 6).

- El motor MAN emitirá como máximo 14,4 g/kWh de NO_x mientras que el CAT 17 g/kWh de NO_x si sus revoluciones por minuto son inferiores a 130.
- El MAN podrá emitir como máximo $44 \cdot n^{(-0.2)}$ de NO_x mientras que el CAT $45 \cdot n^{(-0.2)}$ de NO_x en el caso de que las revoluciones sean iguales o superiores a 130 rpm pero inferiores a 2000 rpm.
- De igual manera el MAN emitirá como máximo 7,7 g/kWh de NO_x mientras que el CAT podrá emitir 9,8 g/kWh de NO_x si en el caso de que las revoluciones sean superiores o iguales a 2000.

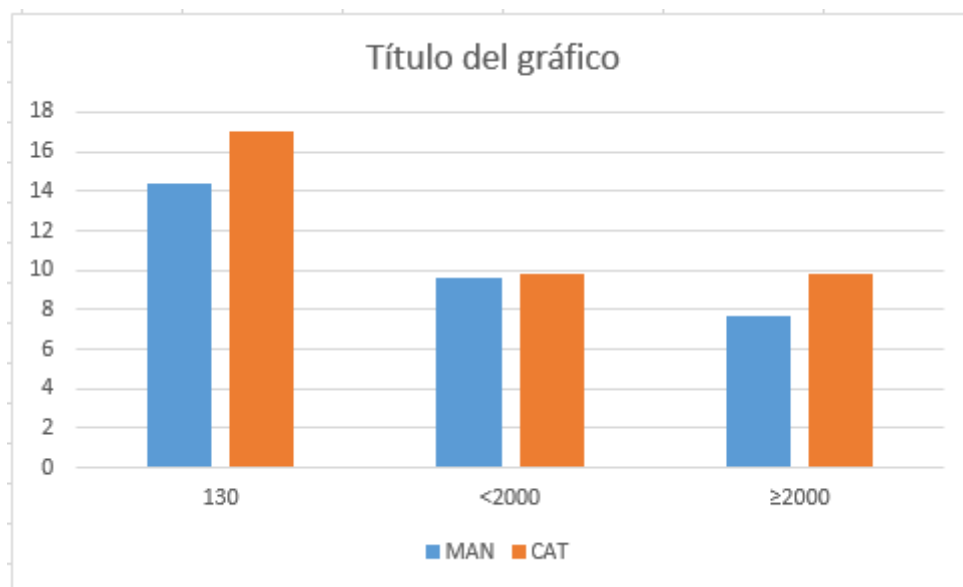


Figura 6. Comparación consumos CAT Y MAN

[Fuente Propia]

En cuanto a la comparación de precios, el motor MAN tiene un precio de 80.200 euros, lo cual para un motor de estas características está bastante compensado en cuando calidad-precio.

1.3.2 MOTOR CATERPILLAR

En cuanto al motor CATERPILLAR, se trata de una empresa estadounidense fundada en 1904, la cual se encarga de la producción de material de construcción, motores diésel, turbinas de gas y maquinaria.

Tras buscar en su página web y contactar con los distribuidores nos recomendaron el C18 ACERT, el cual se trata de un modelo más moderno que los motores actuales.

Se tratará entonces de un motor diésel de cuatro tiempos con una máxima potencia a 2300rpm de 747kW y un par de 3091N/m.

Dicho motor, el cual podemos ver en la Figura 7, tiene unas dimensiones de 1931mm de largo, 1204mm de ancho y una altura de 1198mm.

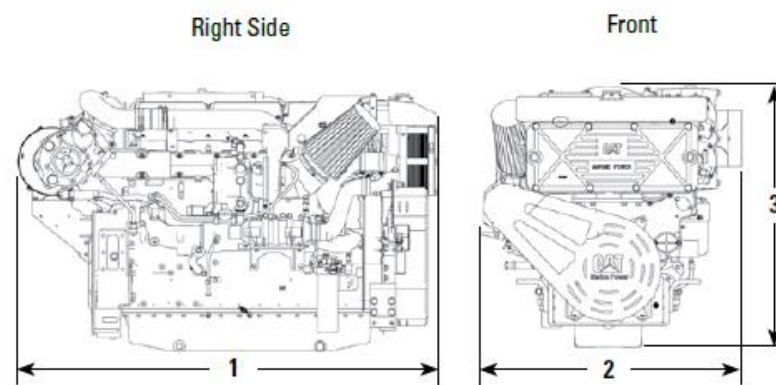


Figura 7. Motor CATT C18 ACERT

[11]

| | rpm | Par (N/m) | Ptencia (kW) |
|------------------|------|-----------|--------------|
| Motor CAT nuevo | 2300 | 3091 | 747 |
| Motor CAT actual | 2200 | 2816 | 651 |

Tabla 6. Tabla comparativa motor CATT y actual.

[Fuente Propia]

Tal y como podemos ver en la Tabla 6, el nuevo motor CAT tendrá una mayor potencia que el actual, 747 Kw, a unas mayores revoluciones por minuto, 2300 rpm, lo que daría un par de 3091 N/m, esto supondrá un gran aumento del par, lo que por consiguiente llevará a un cambio de reductora.

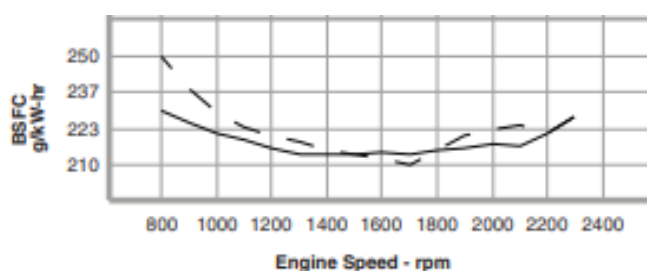


Figura 8. Consumo motor CAT (g/kWh)

[12]

Como podemos observar en la Figura 8, el consumo mínimo será de 219,8 g/kWh y el cual se dará a una velocidad de 1700 revoluciones por minuto, mientras que la zona de menor consumo respecto a la curva de la hélice será desde las 1500 rpm hasta las 1800 rpm, que será la zona en la que se tratará de navegar.

En cuanto a los consumos de estos dos motores, al tratarse de dos motores de la misma

casa constructora y además del mismo modelo de motor, pero más nuevo, tendrán unos consumos como podemos observar en la Tabla 7 y en la Figura 9 muy parecidos, por lo que en cuanto a consumos se trata no existiría ningún ahorro.

| motor | consumo medio (g/kWh) | consumo mínimo (g/kWh) |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| CAT NUEVO | 228,4 | 219,8 |
| CATERPILLAR | 230,2 | 219,9 |

Tabla 7. Comparación consumos CATERPILLARS.

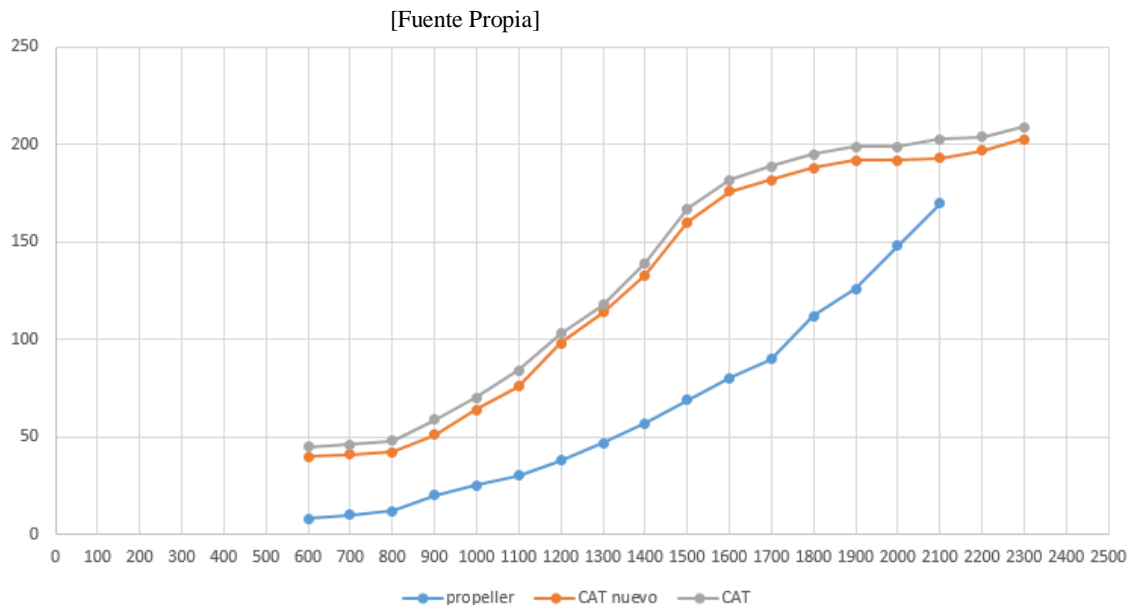


Figura 9. Comparación consumos CATERPILLARS (l/hr)

[Fuente Propia]

De igual manera que con el motor MAN, este nuevo CAT C18 ACERT será un Nivel II de IMO y Nivel III de EPA, mientras que el motor CAT actual es un Nivel I de IMO debido a su año de fabricación. Lo que hará que, en cuanto a emisiones, este nuevo CAT, debido a que es un modelo más nuevo de fabricación, tendrá ventaja frente al anterior y se adaptará mejor a la normativa impuesta por la IMO y en caso de que se actualice esta seguramente este entre dentro de los nuevos rangos pedidos. La comparación de las emisiones entre ambos motores es será igual que las del motor anterior, por lo tanto (Figura 10):

- El motor MAN podrá emitir como máximo 14,4 g/kWh de NO_x mientras que el CAT 17 g/kWh de NO_x si sus revoluciones por minuto son inferiores a 130.
- El MAN podrá emitir $44 \cdot n^{(-0.2)}$ de NO_x mientras que el CAT $45 \cdot n^{(-0.2)}$ de NO_x en el caso de que las revoluciones sean iguales o superiores a 130 rpm pero inferiores a 2000 rpm.

- De igual manera el MAN podrá emitir 7,7 g/kWh de NOx mientras que el CAT podrá emitir 9,8 g/kWh de NOx si en el caso de que las revoluciones sean superiores o iguales a 2000.

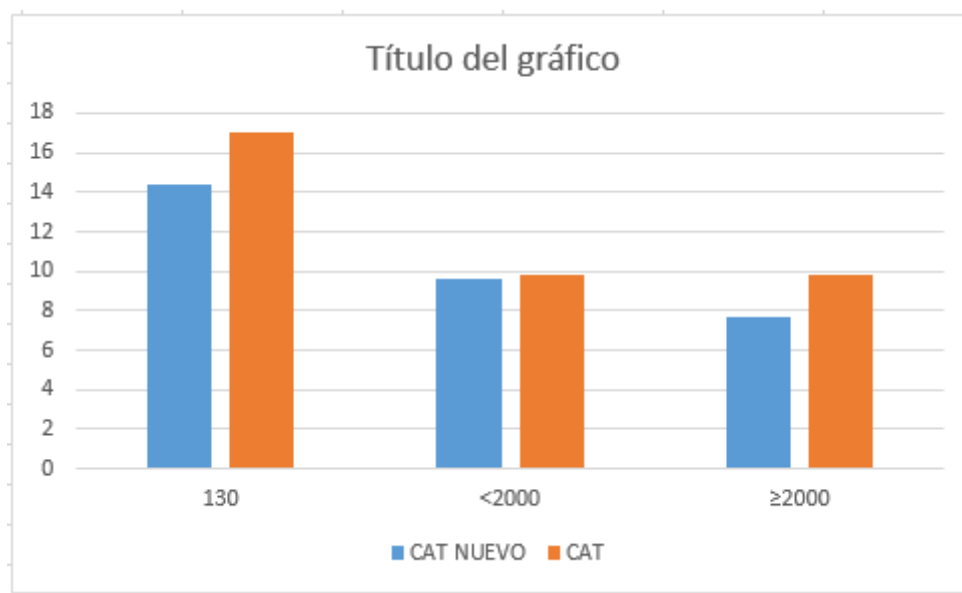


Figura 10. Comparación emisiones CAT nuevo y CAT actual

[Fuente Propia]

Este motor en cuanto al precio, valdrá alrededor de 95.000 euros. En comparación con el motor MAN, este será alrededor de 15.000 euros más caro. Al tratarse de motores de características similares y en cuanto a nombre de la marca, ambas son grandes marcas en el mundo de los motores marinos, sale más rentable escoger el motor MAN antes que el CATERPILLAR ya que existe una gran diferencia en cuanto al precio.

1.3.3 MOTOR CUMMINS

Por último, el tercer motor a proponer se trata de un motor CUMMINS, esta marca estadounidense fundada en 1919 se dedica al diseño y construcción de motores diésel para todo tipo de medio de transporte.

Al igual que con los motores anteriores, me puse en contacto con el distribuidor en España para que me facilitase información en cuanto a los motores de las características buscadas y me recomendó el CUMMINS QSK 38-M/DM.

Se trata de un motor de cuatro tiempos diésel con una potencia de 746kW a 1800rpm con

un par de 3957N/m.

| | rpm | Par (N/m) | Ptencia (kW) |
|------------------|------|-----------|--------------|
| Motor CUMMINS | 1800 | 3957 | 746 |
| Motor CAT actual | 2200 | 2816 | 651 |

Tabla 8. Tabla comparativa motor Cummins

[Fuente Propia]

Este motor como podemos observar en la Tabla 8, presenta una gran potencia a unas bajas revoluciones respecto al motor actual, lo que analizando supondrá un problema respecto a la hélice. Como podemos observar en la Figura 2, la curva del motor CUMMINS ascenderá demasiado en cuanto a potencia y cortará demasiado arriba a la curva de la hélice, por lo que en este sentido, habría que estudiar la modificación del paso de la hélice para poder acoplar correctamente este motor, lo que supondría un coste extra respecto al resto de motores. En cuanto al par motor de ambos, existe una clara diferencia, de 1141 rpm, lo que hará que se tenga que sustituir la reductora actual por una de mayor par motor.

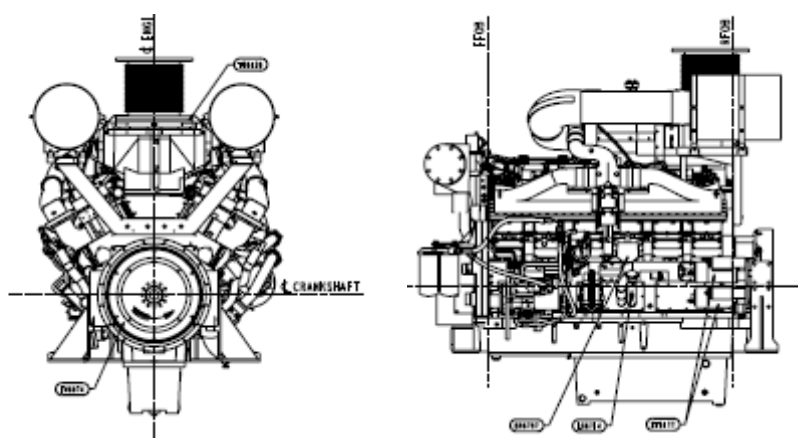


Figura 11. Motor CUMMINS

[13]

En la Figura 11 podemos observar dos vistas del motor CUMMINS que se podría instalar.

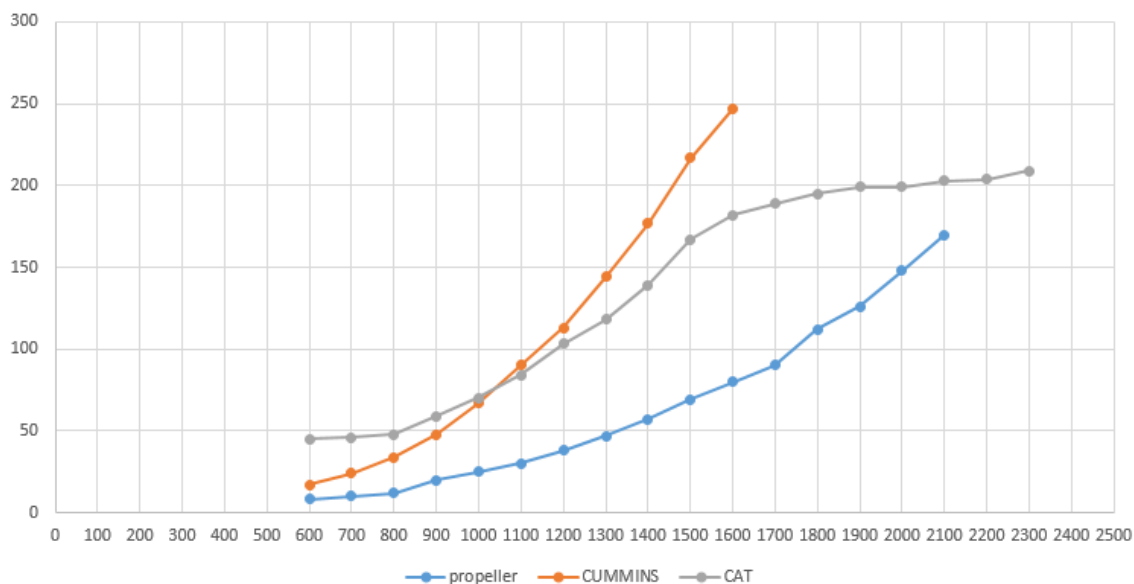


Figura 12. Comparación consumos CUMMINS y CAT (l/hr)

[Fuente Propia]

| motor | consumo medio (g/kWh) | consumo mínimo (g/kWh) |
|-------------|-----------------------|------------------------|
| CUMMINS | 260,9 | 176,5 |
| CATERPILLAR | 230,2 | 219,9 |

Tabla 9. Comparación consumos CAT Y CUMMINS

[Fuente Propia]

En esta Tabla 9 y en la Figura 12 podemos observar como en cuanto a consumos el motor CUMMINS es tiene un consumo mínimo mucho más bajo que el CATERPILLAR o cualquier otro que hayamos visto. Pero, el motor CUMMINS tiene un consumo medio muy alto respecto al resto de motores, por lo tanto, al estar en navegación, no obtendremos el consumo mínimo sino el medio, por lo que en cuanto a consumos este motor sale menos eficiente que el resto de motores.

El motor CUMMINS, al igual que el resto, en cuanto a emisiones se trata de un Nivel II IMO y un Nivel III EPA. En este apartado todos los motores están aventajados respecto al motor montado actualmente por lo que sale más rentable cambiarlo por unos de estos tres. En un hipotético caso de que se actualice la normativa IMO respecto al límite de emisiones, este motor estará seguramente dentro de los nuevos márgenes que marquen ya que será un motor de fabricación nueva y será aceptado, aunque sea un Nivel II. Al igual que los otros dos motores, la comparación de consumos serán los siguientes (Figura 13):

- El motor MAN podrá emitir como máximo 14,4 g/kWh de NO_x mientras que el CAT 17 g/kWh de NO_x si sus revoluciones por minuto son inferiores a 130.

- El MAN podrá emitir $44 \cdot n^{(-0.2)}$ de NOx mientras que el CAT $45 \cdot n^{(-0.2)}$ de NOx en el caso de que las revoluciones sean iguales o superiores a 130 rpm pero inferiores a 2000 rpm.
- De igual manera el MAN podrá emitir 7,7 g/kWh de NOx mientras que el CAT podrá emitir 9,8 g/kWh de NOx si en el caso de que las revoluciones sean superiores o iguales a 2000.

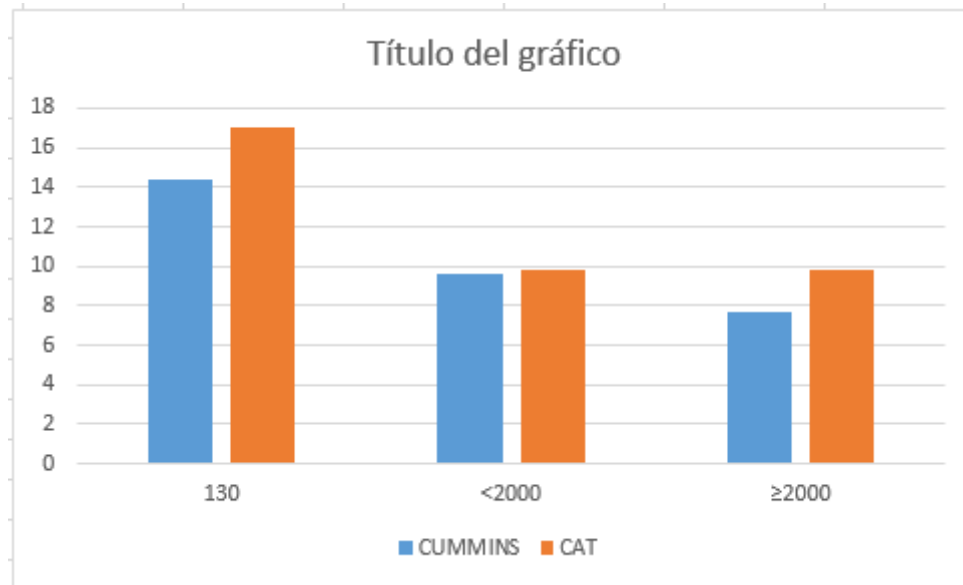


Figura 13. Comparación emisiones CAT y CUMMINS

[Fuente Propia]

Este motor tendrá un precio alrededor de 85.000. Ocurrirá por lo tanto igual que con el motor CATERPILLAR, este será más costoso que el motor MAN, 5.000 euros más caro, por lo que en cuanto a precio, saldrá más rentable instalar el motor MAN antes que el CUMMINS.

1.4 MOTOR SELECCIONADO

Tras analizar los diferentes motores presentados previamente, podemos observar que el motor que mejor se adecua a las condiciones actuales es el motor MAN D2868 LE443 v8. Las condiciones a las que se someterá este motor MAN será trabajar menos de 1000 horas anuales, lo cual este motor cumple, ya que es un marine pleasure y por lo tanto, está diseñado para trabajar menos de 1000 horas, este trabajará durante el verano en el Mar Mediterráneo y entre Islas, por lo que no existirá un gran oleaje que exija al motor trabajar

a altas o máxima potencia, por lo que en comparación con el motor actual, como podemos ver en la Figura 14, ambos motores tienen unas curvas similares de potencia/par respecto a la hélice actual, por lo que este nuevo motor no cambiará demasiado la velocidad de crucero, ni en caso de mala mar el motor responderá diferente que el motor actual, deberá tener, como ya hemos visto, un bajo consumo, ya que al tratarse de un buque chárter se busca el beneficio y este motor en cuanto al resto que hemos comparado es el que mejores consumos tiene.

Como podemos ver en la Figura 14 nuevamente, al tratarse de curvas parecidas en cuanto al punto de corte con la curva de la hélice, esto hará que no sea necesario modificar el paso de la hélice, lo que haría que el presupuesto aumentase encarecidamente.

Como ya he presentado antes, este es un motor de cuatro tiempos diésel V8 con una potencia de 662kW a 2100rpm.

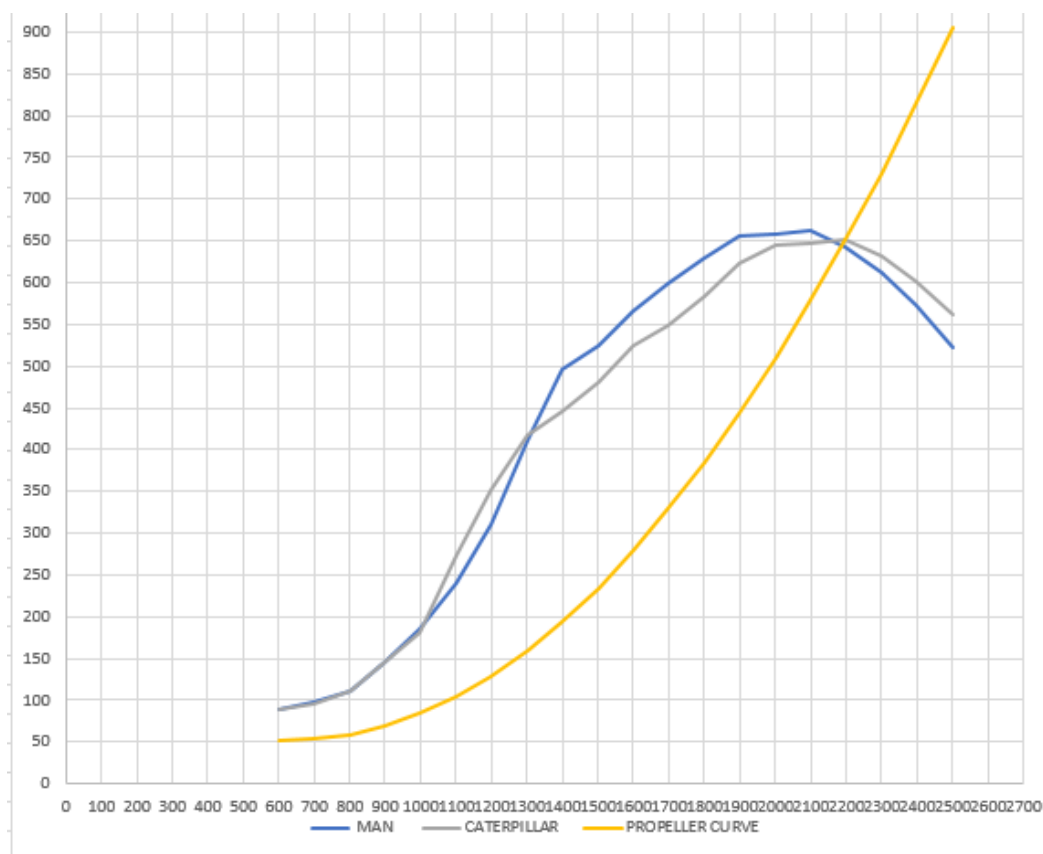


Figura 14. Gráfica Potencia/rpm entre el motor actual y el MAN.

[Fuente Propia]

En esta gráfica (Figura 14), podemos observar la curva de la potencia del motor MAN y

del motor actual respecto a la curva de la hélice. Se puede ver como el motor MAN al alcanzar la máxima potencia a menos revoluciones que el CATERPILLAR actual descendiende y cortará a la curva de la hélice actual en un punto inferior a donde cortará el motor actual, por lo que la potencia máxima a la hélice será menor que la actual [Fuente Propia].

Las dimensiones de los motores al ser de casas constructoras diferentes serán diferentes entre ellos. Como podemos observar, el motor actual tiene una longitud total de 1931mm, 1204mm de ancho y 1198mm de altura (Tabla 10).

| ENGINE DIMENSIONS & WEIGHT | | |
|---------------------------------------|----------------|-----------------|
| (1) Length | 1931 mm | 76.0 in |
| (2) Width | 1204 mm | 47.4 in |
| (3) Height | 1198 mm | 47.2 in |
| Weight, Net Dry (approx) | 1814 kg | 4,000 lb |

Tabla 10. Dimensiones Motor CATERPILLAR

[12]

Comparando con el motor que va a reemplazarlo, el cual tendrá una longitud total de 1745mm, una anchura total de 1153mm y una altura total de 1177mm (Tabla 11).

| | |
|----------------------------|---------|
| A - overall width..... | 1153 mm |
| B - overall length..... | 1745 mm |
| C - overall height..... | 1177 mm |
| D - above crank shaft.... | 765 mm |
| E - length to flywheel.... | 1243 mm |
| Engine weight (dry)..... | 1780 kg |



Tabla 11. Dimensiones motor MAN

[10]

Podemos observar que existe una notable diferencia entre las dimensiones de ambos (Tabla 10, Tabla 11), esto conlleva una serie de modificaciones tanto en los apoyos del motor sobre la cuaderna como en diferentes sistemas para poder hacer coincidir los elementos actuales con el nuevo motor a implementar, así como estudiar el cambio de

reductora debido al alto par que tendrá este nuevo motor o la modificación de paso de la hélice. Normalmente se suele optar por la primera opción debido a que es bastante más económico que tener que modificar el paso de la hélice.

1.4.1 REDUCTORA

La reductora se trata de un mecanismo de reducción de giro del motor para así poder adecuarla al giro de la hélice.

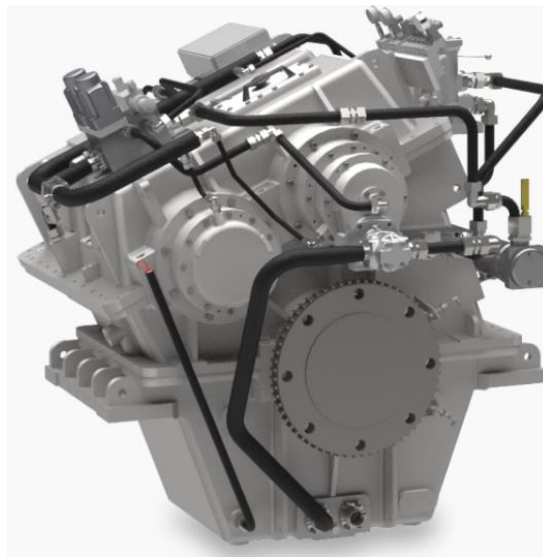


Figura 15. Reductora

[15]

En la figura 15 podemos observar una vista de una reductora marina de la compañía REINTJES.

La velocidad de giro del motor en este caso es muy elevada, por lo que es necesario reducir las revoluciones por minuto con las que sale de este sin perder la potencia. Esto se consigue gracias a un mecanismo de engranajes que forman la reductora.

En motores de grandes potencias que trabajan a muy bajas revoluciones no será necesario utilizar una reductora y se acoplará directamente el motor al eje.

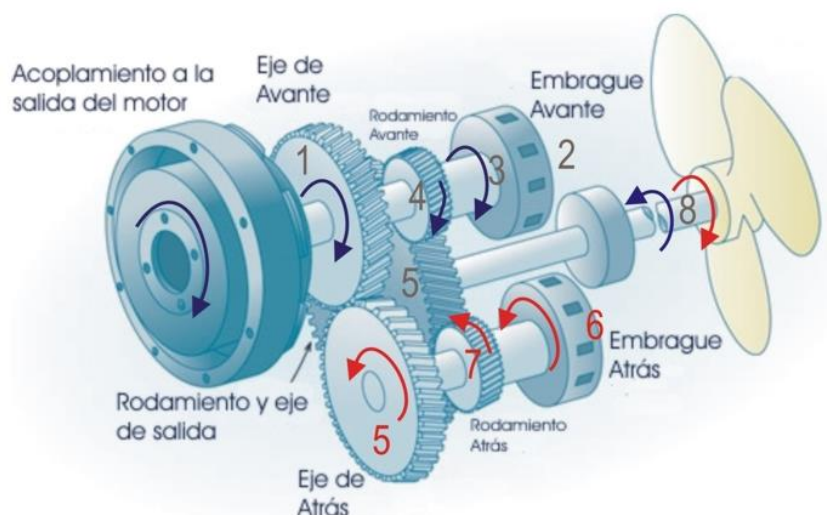


Figura 16. Engranajes de la reductora

[16]

En esta Figura 16 podemos apreciar el funcionamiento de los engranajes de una reductora con marcha atrás, las flechas de color azul representarán el sentido avante mientras que las flechas rojas la marcha atrás.

En sentido avante, el embrague de avante se acoplará y hará girar los engranajes 1 y 4 en el sentido en el que aparecen las flechas, el engranaje 4 hará girar a su vez al engranaje de salida que será el encargado de dar la salida al eje y por lo tanto a la hélice.

En el sentido atrás, el embrague de atrás se acoplará y pasará a transmitir la potencia del engranaje 1 al engranaje 5. El engranaje 7, que estará en contacto con el engranaje de salida girará, lo que hará girar el engranaje de salida y por consiguiente la hélice.

El engranaje 1 y el engranaje 5 girarán en diferentes sentidos siempre, como podemos observar por el sentido de giro de las flechas representadas.

Existirán diferentes tipos de reductoras en función del acoplamiento al eje o al motor que tengan:

- Free-standing. Este tipo de reductora va acoplada al motor a través de una conexión intermedia.

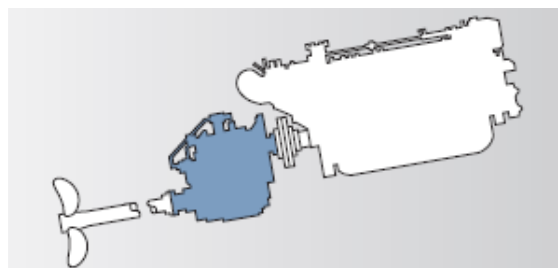


Figura 17. Conexión free-standing

[17]

- UEK (output shaft above input shaft). como se puede ver, esta reductora tiene el mismo tipo de conexión al motor que la anterior pero esta está dada la vuelta.

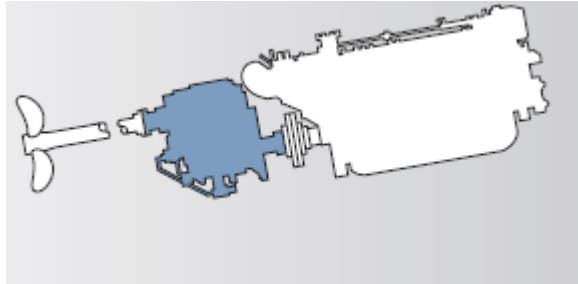


Figura 18. Conexión UEK

[17]

- Flange-mounted. Este tipo es el que encontramos en el motor sobre el que trabajamos, la reductora va directamente conectada al motor.

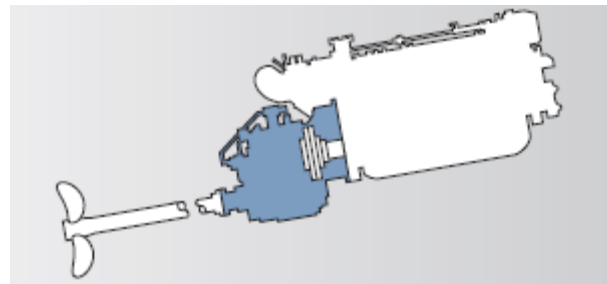


Figura 19. Conexión Flange-mounted

[17]

- U-drive. Este tipo se utilizará en las ocasiones en las que el eje de la hélice se encuentre en dirección contraria al eje del motor, por lo que habrá que girar 180°.

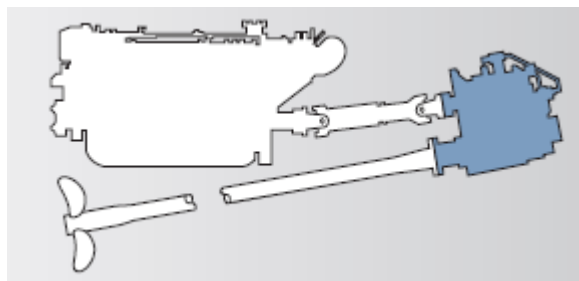


Figura 20. Conexión u-drive

[17]

De igual manera que se puede clasificar en función de su acoplamiento, también se

pueden clasificar por de su régimen de operación, en función de las horas de trabajo.

Pleasure Duty: estas reductoras están hechas para motores en las que existan operaciones de trabajo intermitentes con variaciones muy grandes de velocidad y potencia. El límite medio de horas de funcionamiento de motor para este tipo de reductora serán 500 horas/año. Los buques que pueden usar este tipo de reductora serán embarcaciones privadas, embarcaciones no comerciales y no chárter y para actividades deportivas y de ocio.

Light duty: al igual que la reductora anterior, esta también está hecha para variaciones intermitentes de trabajo, pero, en este caso, para grandes variaciones de potencia y de velocidad. En este tipo, el límite medio de horas del motor son 2500 horas/año y estará enfocada para embarcaciones privadas, buques chárter, embarcaciones para actividades deportivas y de ocio y para actividades navales y buques policiales.

Medium duty: este tipo de reductoras estarán diseñadas para funcionar con operaciones intermitentes con alguna variación de velocidad y de potencia del motor. En este caso, el límite medio de horas de trabajo del motor son 4000 horas/año. Los tipos de embarcaciones que montarán esta reductora serán embarcaciones privadas, embarcaciones de alquiler y comerciales, embarcaciones para actividades navales y embarcaciones policiales.

Continuous duty: por último, este tipo de reductoras están diseñadas para un continuo funcionamiento con pocas o ninguna variación de la velocidad y de la potencia del motor. Al trabajar en un continuo funcionamiento estas no tendrán un límite de horas de funcionamiento del motor. Las aplicaciones de estas reductoras serán por lo tanto los buques comerciales. [17]

1.5 NORMATIVA

Las normativas y recomendaciones para este yate se basan en las normas de la sociedad de clasificación RINA (Registro Italiano Navale), como su nombre bien indica, se trata de una sociedad de clasificación italiana fundada en 1861 y con sede en Génova. RINA trabaja tanto como con la industria marina, con la industria de la producción de energía y la industria del transporte.

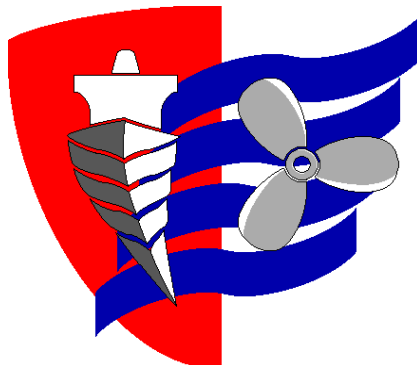
En cuanto a las normativas que existen en torno al tema del que trata este proyecto, podemos encontrar las siguientes.

| | |
|-----------|--|
| GUI.2/E | Guide for welding. |
| GUI. 14/E | Guide for the Yatch Condition Assasment Program (Yacht CAP). |
| GUI. 15/E | Guide for risk analyses. |
| RC/C. 32 | Rules for conformity assessment of machinery according to Directive 2006/42/CE. |
| RC/C. 108 | Rules for EC Certification of Recreational Craft and Exhaust Emissions from Propulsion Engine. |
| RC/C. 106 | Regolamento per la certificazione di Procedimenti di Saldatura e Brasatura |
| NC/C. 31 | Rules for the type approval, installation and testing of rigid expanded insulating materials |
| NC/C. 33 | Rules for carrying out non-destructive examinations of welding |
| NC/C. 38 | Rules for the type approval of flexible hoses and expansión joints |
| NC/C. 58 | Rules for the type approval of mechanical joints for pipes |
| NC/C. 74 | Rules for the Type Approval of Plastic Pipes |

[18]

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

2. ANEXOS

2.1 CALCULOS DEL MOTOR

Al realizar un cambio de motor, al igual que con los apoyos o con las diferentes líneas de alimentación del motor hay que realizar una serie de cálculos para comprobar que todo funcione correctamente.

Habrà que conocer en primera instancia el par motor del motor actual a las condiciones de máxima potencia, esto lo calcularemos a través de la fórmula de la potencia, la cual es:

$$P = M * w = M * \frac{2 * \pi * n}{60}$$

M será el par motor, **P** es la potencia y **w** es la velocidad angular.

Como conocemos los datos de la potencia del motor actual y las revoluciones podremos calcular por lo tanto despejando el par motor:

$$M = \frac{P}{w} = \frac{651000}{\frac{2 * \pi * 2200}{60}} = 2825,72Nm$$

De igual manera, calculamos el par motor del motor MAN:

$$M = \frac{P}{w} = \frac{662000}{\frac{2 * \pi * 2100}{60}} = 3010Nm$$

Por lo tanto, como se puede observar, el par del motor MAN será mayor que el del motor CATERPILLAR, esto será motivo de modificación de la reductora en el caso de que sea necesario.

Estos resultados de los pares no serán los valores máximos, cada uno tendrá un valor superior a este que se da antes de alcanzar la máxima potencia.

En el caso del motor MAN como se puede apreciar en la Figura 21 el máximo par se obtiene a una potencia constante ascendente entre las 1400 rpm y las 1900 rpm y este será

de 3325Nm. Haciendo el cálculo en cualquier punto de esta zona obtendremos el valor marcado.

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{560000}{\frac{2 * \pi * 1600}{60}} \approx 3325Nm$$

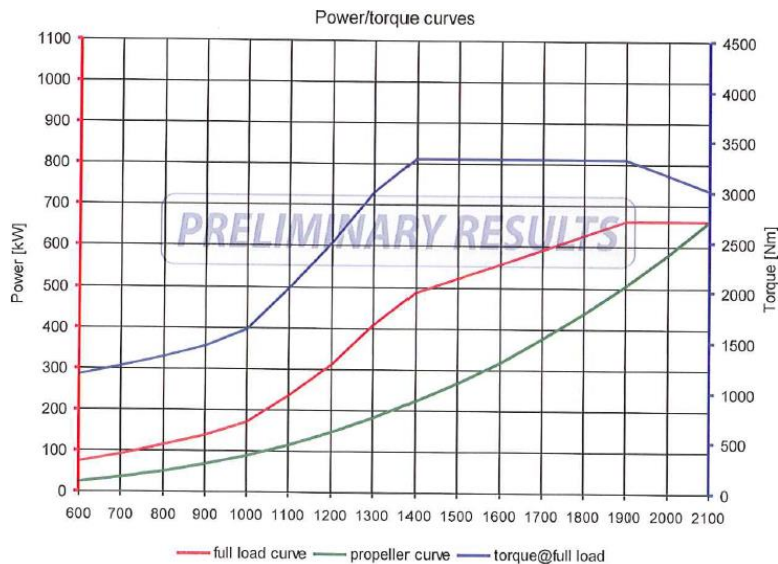


Figura 21. Curvas del motor MAN

[10]

En la Figura 22, la cual pertenece a la curva potencia/rpm del motor CATERPILLAR, podemos observar de igual manera como el máximo par no se da en el punto de máxima potencia sino entre 1600rpm y 1800rpm, el cual será de 3805 Nm. Si cogemos cualquier punto de esta zona obtendremos este par máximo

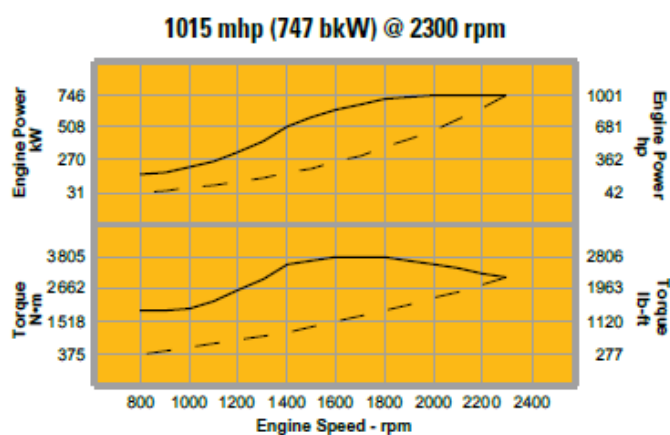


Figura 22. Curvas motor CATERPILLAR

[12]

2.2 CALCULO DE LAS MODIFICACIONES

2.2.1 MODIFICACIONES EN LA REDUCTORA.

Otro elemento, y en este caso de gran importancia, que se ha de cambiar o modificar es la reductora.

Al realizarse un cambio de motor se ha de estudiar de igual manera el cambio de reductora o la modificación del paso de la hélice, normalmente, por el hecho de que el cambio de reductora es más barato, se suele optar por esta opción.

La reductora que tenemos actualmente se trata de una REINTJES, modelo WAF 264, la cual tendrá unas dimensiones de 755mm de profundidad, 670mm de ancho y 1025mm de altura, la cual puede trabajar como máximo a una potencia de 675kw a 2300 rpm.

Gracias a la fórmula de la potencia podemos calcular el par de la reductora y del motor para así poder saber si nos valdría la reductora actual o habría que seleccionar una superior.

$$P = M * w = M * \frac{2 * \pi * n}{60}$$

Donde **M** es el par motor, **P** es la potencia y **w** es la velocidad angular.

Conociendo los datos de las revoluciones y de la potencia tanto de la reductora como del motor MAN calculamos el par motor despejando de la fórmula para así compararlos.

Par de la reductora WAF 264

$$M = \frac{P}{w} = \frac{675000}{\frac{2 * \pi * 2300}{60}} = 2802,51 Nm$$

Para el motor MAN

$$M = \frac{P}{w} = \frac{662000}{\frac{2 * \pi * 2100}{60}} = 3010 Nm$$

Performance data ¹

| | | |
|-------------------------|-----------|-------|
| Rated power | 662 | kW |
| Rated power | 900 | PS |
| Speed | 2100 | rpm |
| Bore | 128 | mm |
| Stroke | 157 | mm |
| Displacement | 16,16 | liter |
| Rated torque | 3010 | Nm |
| Maximum torque | 3325 | Nm |
| at speed | 1400-1900 | rpm |
| Compression ratio [ε] | 17,0 | :1 |
| Mean effective pressure | 23,41 | bar |
| Mean piston speed | 10,99 | m/s |

Tabla 12. Valores del motor MAN

[10]

En la Tabla 12 vemos los ratios de par que nos marca el fabricante, siendo el par a la potencia y revoluciones por minuto máximas 3010 Nm y el par máximo 3325 Nm.

Como podemos observar, el motor MAN tendrá un par superior al que puede soportar la reductora, por lo que será necesario cambiar de igual manera que el motor la reductora a una superior.

El siguiente modelo a la WAF 264 sería la WAF 344, la cual tendrá unas dimensiones de 820mm de profundidad, 720 mm de ancho y 910mm de alto. En este caso esta reductora podrá trabajar a una potencia máxima de 874kW y 2300rpm.

Si aplicamos estos datos en la fórmula:

$$M = \frac{P}{\omega} = \frac{874000}{\frac{2 * \pi * 2300}{60}} = 3628,73Nm$$

Esta reductora valdría, ya que tiene un par máximo de 3628,73Nm y deberá soportar como máximo un par de 3325Nm.

2.2.2 MODIFICACIONES EN LA CUADERNA

La principal parte que se ha de modificar es la cuaderna donde apoya el motor, en esta habrá que realizar unas extensiones que veremos más adelante para así hacer apoyar tanto al nuevo motor como a la reductora sobre esta.

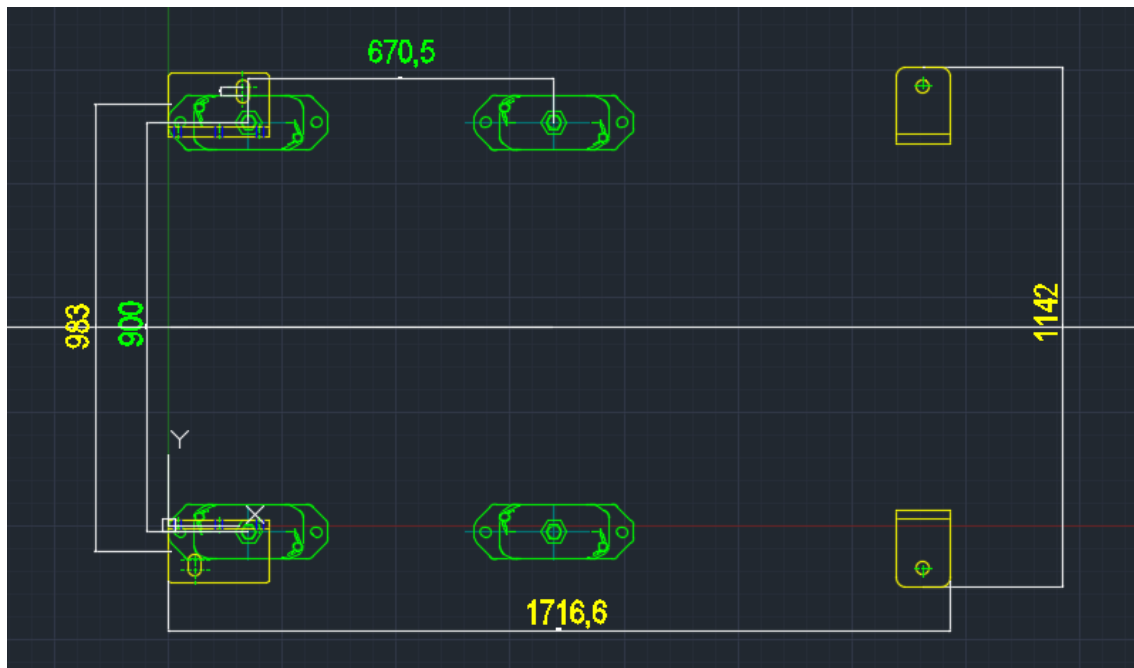


Figura 23. Comparación apoyos

[9][17]

Como podemos observar en la Figura 23, en la cual los apoyos de color verde corresponden al motor MAN y los apoyos en color amarillo al motor CATERPILLAR actual, existe un notable cambio en el posicionamiento de estos. Los apoyos del motor MAN se encuentran como se puede ver a 670,5 mm de distancia entre sus centros mientras que los actuales se encuentran a 1716,6 mm. La distancia entre los apoyos a lo ancho en el caso del motor MAN será de 900mm entre sus centros y 1020mm en su distancia más larga que será de exterior a exterior, mientras que los apoyos actuales se encuentran en su mayor distancia a 1042 mm y 983mm de centro a centro.

La diferencia que existe entre ambos apoyos serán 83mm, por lo tanto, por cada lado existiría una diferencia de:

$$\frac{83}{2} = 41,5mm$$

Debido a la anchura de la cuaderna, la cual es de 179 mm no habrá que diseñar e implantar

ninguna extensión a lo ancho en esta para que el nuevo motor pueda asentar, sino elevar la altura de la cuaderna.

La cuaderna no tendrá una forma regular ni el mismo grosor en todas las partes, en la parte más ancha existe una distancia de 1110 mm mientras que en la parte estrecha, que coincide donde apoya la reductora, tiene una distancia de 1078mm.

Tras realizar el ejercicio de acople del nuevo motor en AutoCAD 2019 se puede ver, en la Figura 27, que el motor CATERPILLAR apoyaba sobre la parte más alta, mientras que el nuevo motor coincide el apoyo sobre la zona de unión entre la parte alta y la parte baja, esto supondrá una modificación de la altura de la cuaderna en esa zona para que así pueda asentar correctamente y mantenerse a la altura necesaria para estar alineado con el eje.

Para ello hemos diseñado una extensión con forma de prisma piramidal (Figura 24 y Figura 28) para así tener más superficie de apoyo sobre cuaderna, esta se construirá con planchas de acero y se añadirán refuerzos tanto en la zona central como en las zonas comprometidas por esfuerzos.

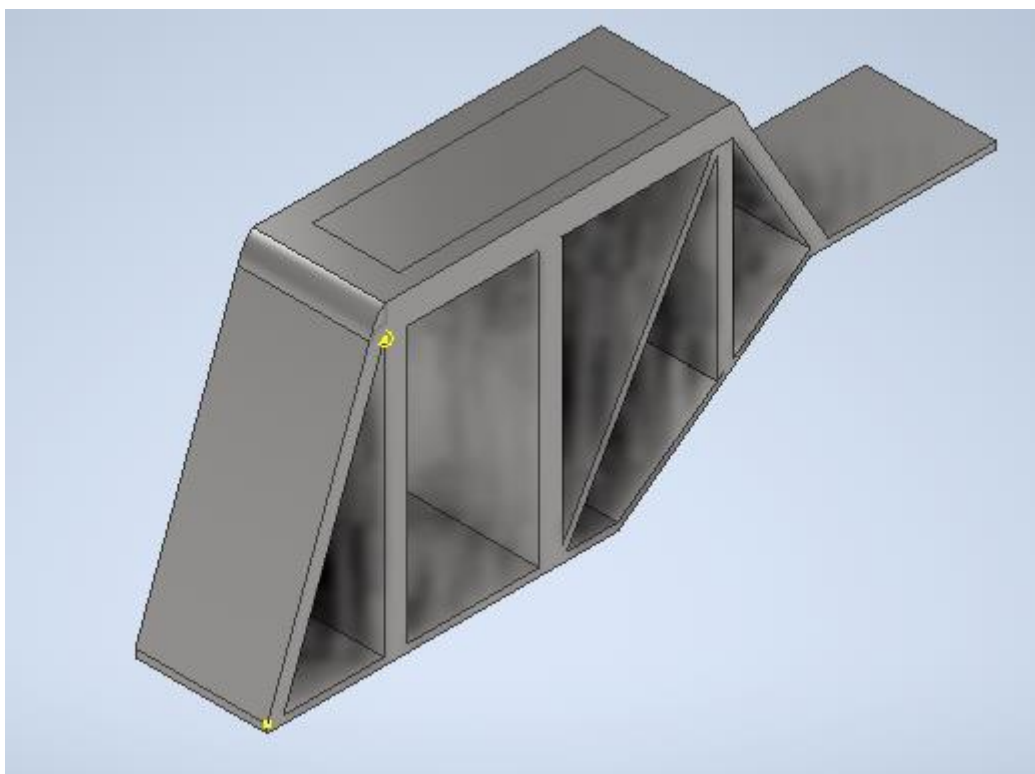


Figura 24. Diseño de la extensión

[Fuente Propia]

La extensión a realizar tendrá una altura de 357 mm y una anchura igual a la actual de la

cuaderna que será de 179 mm, tendrá de largo en la zona donde apoya el motor 450mm y un grosor de 40mm donde apoya y 20mm en el resto, en la zona de cambio de altura tendrá una un refuerzo diagonal como podemos observar para reforzar esa zona. Estará soldada a la cuaderna actual y entre ella con soldadura en ángulo en todo el perímetro con un espesor de garganta de 7 mm según RINA. Las soldaduras se realizarán con el proceso SMAW y siempre con soldadores homologados según RINA. El material con el cual se realizará será acero inoxidable AISI 304, ya que este tiene una gran resistencia.

Para poder asegurar que el diseño para los apoyos es efectivo habrá, por lo tanto, que realizar un estudio de tensiones, este estudio lo hemos realizado mediante el programa AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 2021.

Conocemos el peso del motor y de la reductora, el cual será en conjunto de 2030 Kg e irán repartidos sobre 6 apoyos, 4 sobre la reductora y 2 sobre el motor. Para la correcta distribución de pesos sobre los apoyos habrá realizar una serie de cálculos, en ellos supondremos todo el bloque de motor + reductora uno y simplificaremos los cuatro apoyos de la reductora a dos y luego lo descompondremos (Figura 25).

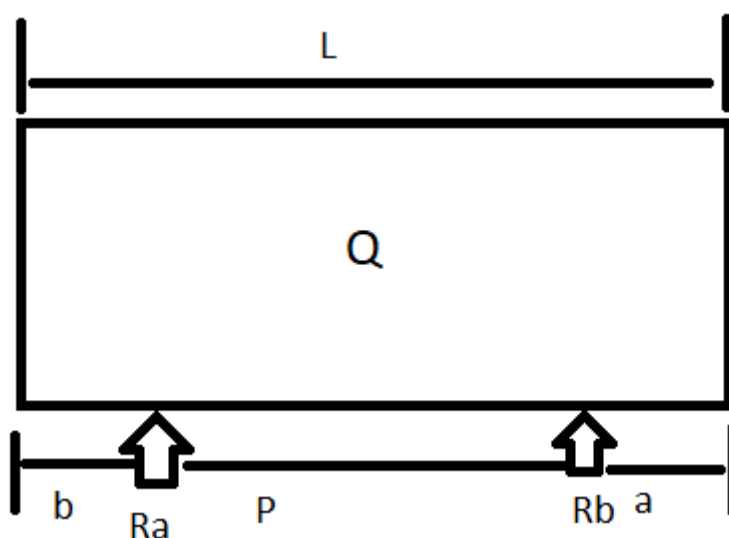


Figura 25. Reparto de pesos

[Fuente Propia]

Para el cálculo habrá que utilizar la siguiente fórmula:

$$R = Q * (\frac{L}{2} - a) / P$$

Donde:

Q es el peso total en Kg.

L es la distancia total de la carga en mm.

a es la distancia de un extremo de la carga al apoyo en mm.

P es la distancia entre los apoyos en mm.

En dicha fórmula tendremos todos los datos para conocer R , como vemos en la Figura 22, tendremos R_a y R_b en este caso.

$$R_a = 2030 * \left(\frac{2565}{2} - 445 \right) / 1750 = 971 \text{ Kg}$$

$$R_b = 2030 * \left(\frac{2565}{2} - 369 \right) / 1750 = 1059 \text{ Kg}$$

Por lo tanto, en cada apoyo del motor, que son dos, tendremos 485,5 Kg y en cada apoyo de la reductora, que son cuatro, tendremos 264,75 Kg.

En cuanto al estudio de los apoyos del motor, habrá que pasar los Kg a N para poder realizar los cálculos. Esto se hará multiplicando el peso por la gravedad.

$$P = m * g = 485,5 * 9,8 = 4757,9 \text{ N}$$

Una vez conocemos los N tendremos que calcular los MPa que actuarán sobre la superficie de contacto del apoyo, lo cual calcularemos con la siguiente fórmula.

$$\frac{P}{a} = \frac{4757,9 \text{ N}}{38850 \text{ mm}^2} = 0,12 \text{ MPa}$$

Como podemos observar en la Figura 26 y en la Tabla 13, el apoyo aguantará el peso del motor, ya que la tensión máxima es 1,08 MPa, por lo que superará el límite marcado por RINA en cuanto a la tensión de Von Mises, el cual es que la tensión máxima no deberá superar el 80% de la tensión de trabajo, de esta forma se habrán seguido, por lo tanto, las recomendaciones de la sociedad clasificatoria RINA para la realización de este estudio[18].

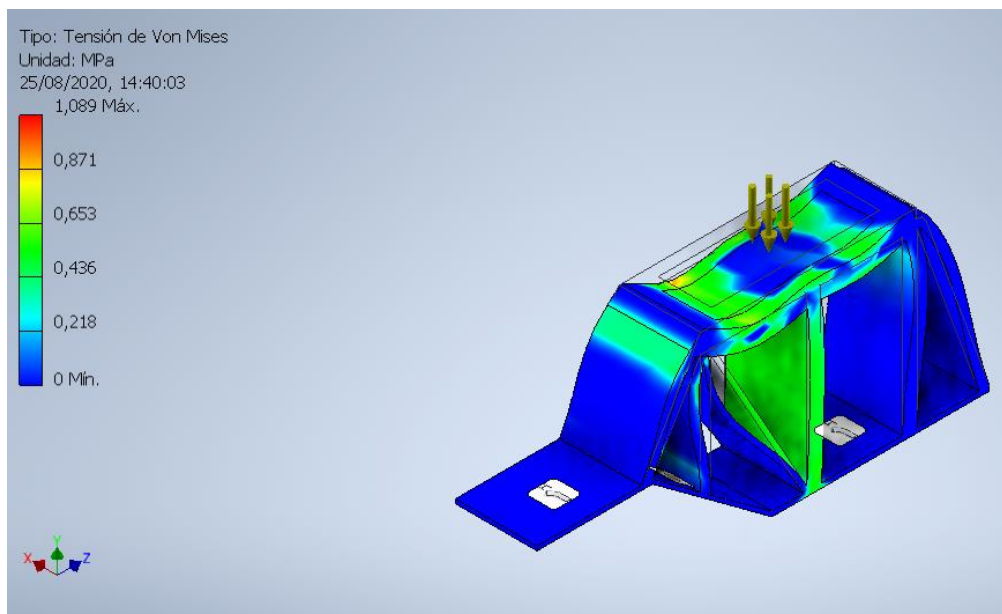


Figura 26. Cculo tensional apoyo motor

[Fuente Propia]

| Nombre | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|--------------------------|--------------------|
| Volumen | 11846100 mm ³ | |
| Masa | 91,8071 kg | |
| Tensión de Von Mises | 0,0000119433 MPa | 1,08915 MPa |
| Primera tensión principal | -0,26289 MPa | 0,985371 MPa |
| Tercera tensión principal | -1,27213 MPa | 0,102692 MPa |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,00172258 mm |
| Coefficiente de seguridad | 15 su | 15 su |
| Tensión XX | -0,349296 MPa | 0,388716 MPa |
| Tensión XY | -0,201827 MPa | 0,144027 MPa |
| Tensión XZ | -0,0742901 MPa | 0,055371 MPa |
| Tensión YY | -1,15715 MPa | 0,418701 MPa |
| Tensión YZ | -0,368602 MPa | 0,353132 MPa |
| Tensión ZZ | -0,971888 MPa | 0,985165 MPa |
| Desplazamiento X | -0,0000691187 mm | 0,000188111 mm |
| Desplazamiento Y | -0,0017193 mm | 0,000309501 mm |
| Desplazamiento Z | -0,00113805 mm | 0,000853768 mm |
| Deformación equivalente | 0,000000000499446 su | 0,00000479738 su |
| Primera deformación principal | -0,0000000119542 su | 0,0000043569 su |
| Tercera deformación principal | -0,00000561973 su | 0,0000000030086 su |
| Deformación XX | -0,00000109591 su | 0,00000118175 su |
| Deformación XY | -0,00000124006 su | 0,000000884927 su |
| Deformación XZ | -0,000000456451 su | 0,000000340209 su |
| Deformación YY | -0,00000491325 su | 0,0000016727 su |
| Deformación YZ | -0,00000226475 su | 0,0000021697 su |
| Deformación ZZ | -0,0000044494 su | 0,00000435139 su |

Tabla 13. Resultados de la prueba en el apoyo del motor

[Fuente Propia]

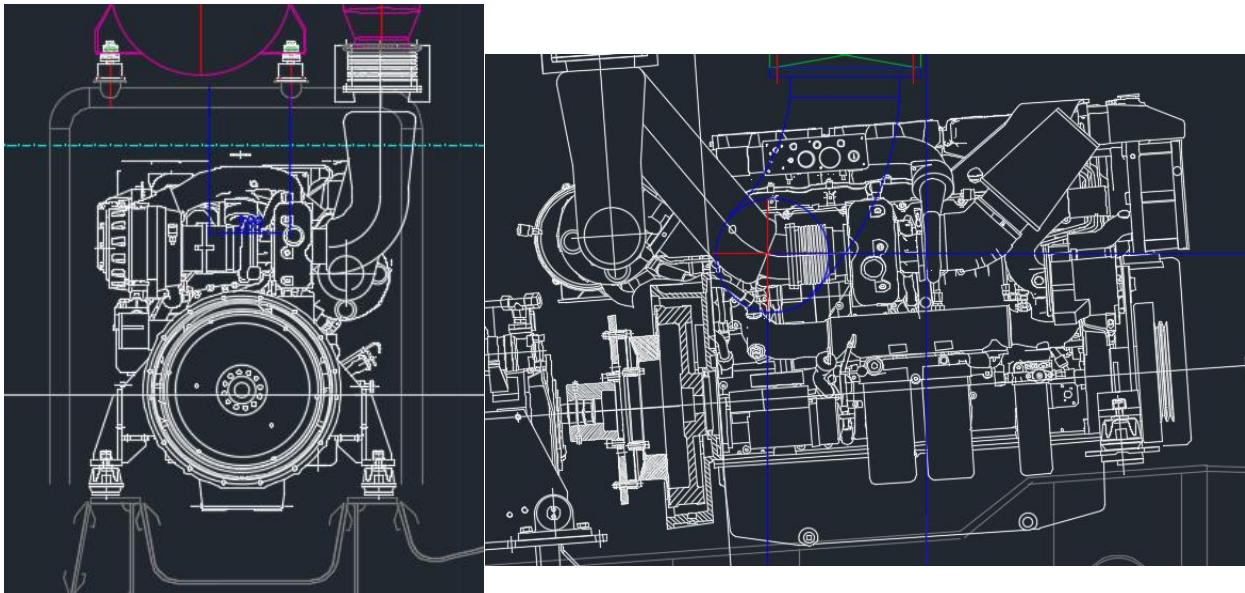


Figura 27. Cuaderna actual

[Fuente Propia]

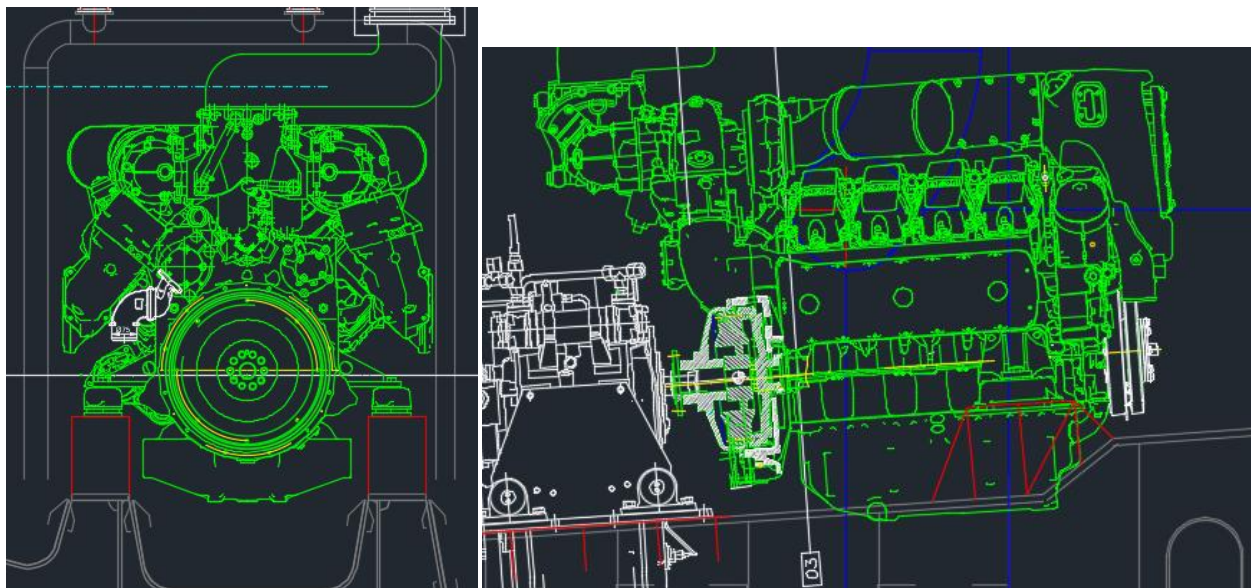


Figura 28. Rediseño de la Cuaderna para motor

[Fuente Propia]

De igual manera que se ha de modificar la cuaderna para asentar correctamente el motor, se ha de modificar para asentar correctamente la nueva reductora, ya que como podemos ver en la Tabla 14, tendrá diferentes dimensiones.

| | WAF 264 | WAF 344 |
|------------|---------|---------|
| Ancho (mm) | 670 | 720 |

Tabla 14. Medidas de las reductoras

Figura 29. WAF 344

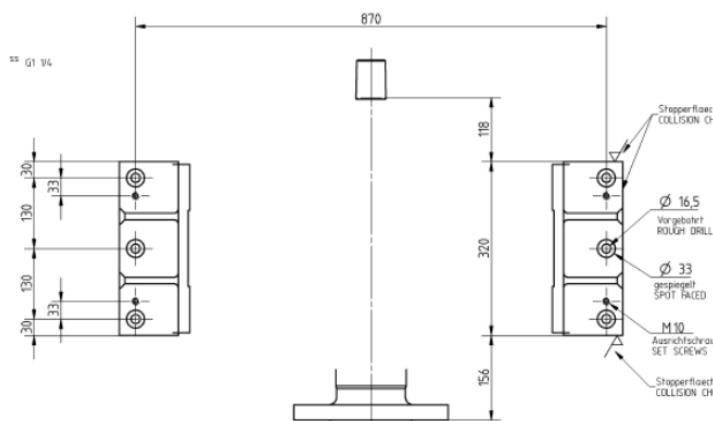


Figura 30. WAF 264

[17]

Como observamos en la Figura 30, existe un cierto margen de largo, el cual será de 505 mm para que la reductora asiente correctamente, ya que esta mide 405 mm de largo en sus apoyos, por lo que habrá un margen de 100 mm, lo que equivale a 50 mm de margen por adelante y por atrás.

$$\frac{100}{2} = 50 \text{ mm}$$

y de igual manera que con el motor, he añadido 5 refuerzos de 128 mm de largo y 40 mm de espesor que se unen a la cuaderna mediante soldadura en ángulo con una garganta de 7 mm según define la sociedad de clasificación. Toda esta ampliación se soldará a la cuaderna de igual manera que la ampliación para el motor, a través de la soldadura SMAW, ya que debido al espesor de las planchas y a su función es el mejor método para ello. Al igual que la extensión para el motor, esta también estará construida en acero inoxidable AISI 304 (Figura 28).

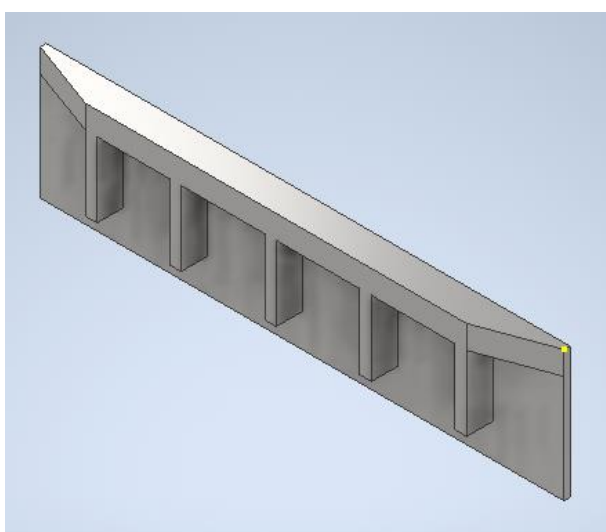


Figura 31. Diseño apoyo reductora

[Fuente Propia]

Al igual que con el apoyo del motor, hará que realizar un estudio para conocer si esta extensión soportará las fuerzas y tensiones de la suma del motor y la reductora y nuevamente, hemos utilizado el programa AUTODESK INVENTOR PROFESIONAL 2021 para el diseño y el estudio y se han seguido las recomendaciones de RINA para el estudio de Von Mises.

Como ya dijimos antes, la reductora tendrá dos apoyos sobre la bancada, lo que equivaldría a:

$$Ra = 2030 * \left(\frac{2565}{2} - 369\right) / 1750 = 1059 \text{Kg}$$

Es decir, 264,75Kg por cada apoyo, pero como hay dos por cada lado serían 529,5Kg, utilizando la fórmula para calcular los Newton, esto nos daría:

$$P = m * g = 529,5 * 9,8 = 5189,1 \text{ N}$$

Conociendo el área de la zona de apoyo, la cual será de 70.875mm²:

$$\frac{P}{a} = \frac{5189,1 \text{ N}}{70875 \text{ mm}^2} = 0,07 \text{ MPa}$$

Como podemos observar en la Figura 32 y en la Tabla 15, esta extensión soportará el peso correctamente ya que como hemos comentado antes, según la tensión de Von Mises, el máximo, 0,19 MPa, no deberá superar el 80% de la tensión que se aplica, 0,07MPa, por lo que esta extensión valdrá [18].

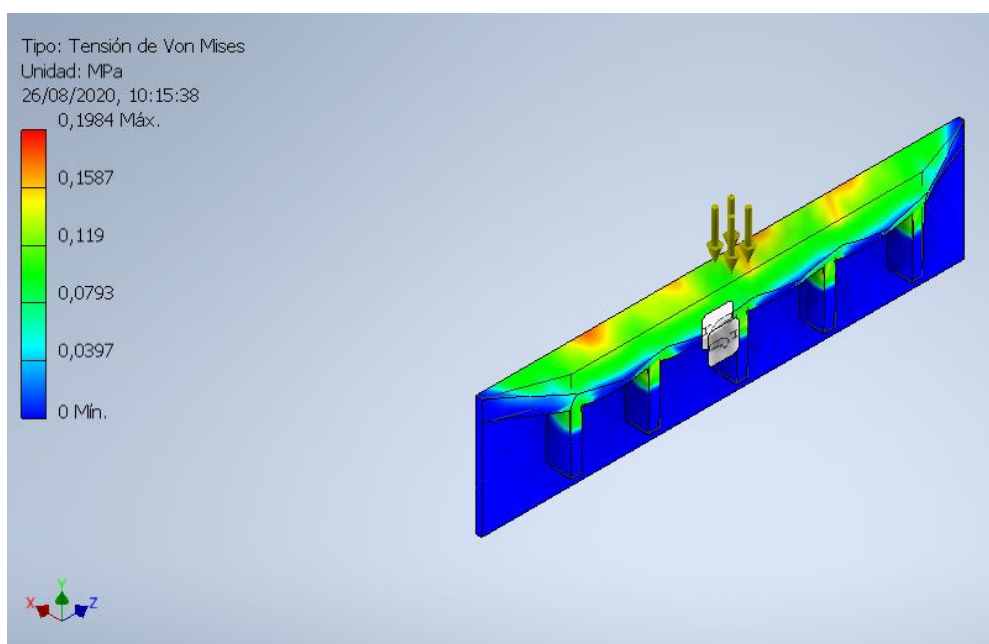


Figura 32. Cálculo tensional apoyo reductora

[Fuente Propia]

| Nombre | Mínimo | Máximo |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Volumen | 4001100 mm ³ | |
| Masa | 31,0085 kg | |
| Tensión de Von Mises | 0,00000030108 MPa | 0,198374 MPa |
| Primera tensión principal | -0,0595094 MPa | 0,201527 MPa |
| Tercera tensión principal | -0,262684 MPa | 0,0204705 MPa |
| Desplazamiento | 0 mm | 0,0000764647 mm |
| Coefficiente de seguridad | 15 su | 15 su |
| Tensión XX | -0,207908 MPa | 0,175222 MPa |
| Tensión XY | -0,0284549 MPa | 0,0993572 MPa |
| Tensión XZ | -0,0277102 MPa | 0,0304521 MPa |
| Tensión YY | -0,158385 MPa | 0,0467664 MPa |
| Tensión YZ | -0,0486416 MPa | 0,0523039 MPa |
| Tensión ZZ | -0,0755129 MPa | 0,0599369 MPa |
| Desplazamiento X | -0,0000283387 mm | 0,0000183772 mm |
| Desplazamiento Y | -0,0000710158 mm | 0,0000000532415 mm |
| Desplazamiento Z | -0,00000462812 mm | 0,000004866 mm |
| Deformación equivalente | 0,00000000000126968 su | 0,0000000906497 su |
| Primera deformación principal | 0,000000000000175722 su | 0,0000000869957 su |
| Tercera deformación principal | -0,00000109283 su | -0,000000000000240577 su |
| Deformación XX | -0,000000823769 su | 0,0000000708331 su |
| Deformación XY | -0,000000174832 su | 0,0000000610468 su |
| Deformación XZ | -0,000000170256 su | 0,0000000187103 su |
| Deformación YY | -0,000000753844 su | 0,0000000141507 su |
| Deformación YZ | -0,000000298862 su | 0,0000000321364 su |
| Deformación ZZ | -0,00000015103 su | 0,0000000202649 su |

Tabla 15. Resultados de la prueba del apoyo de la reductora

[Fuente Propia]

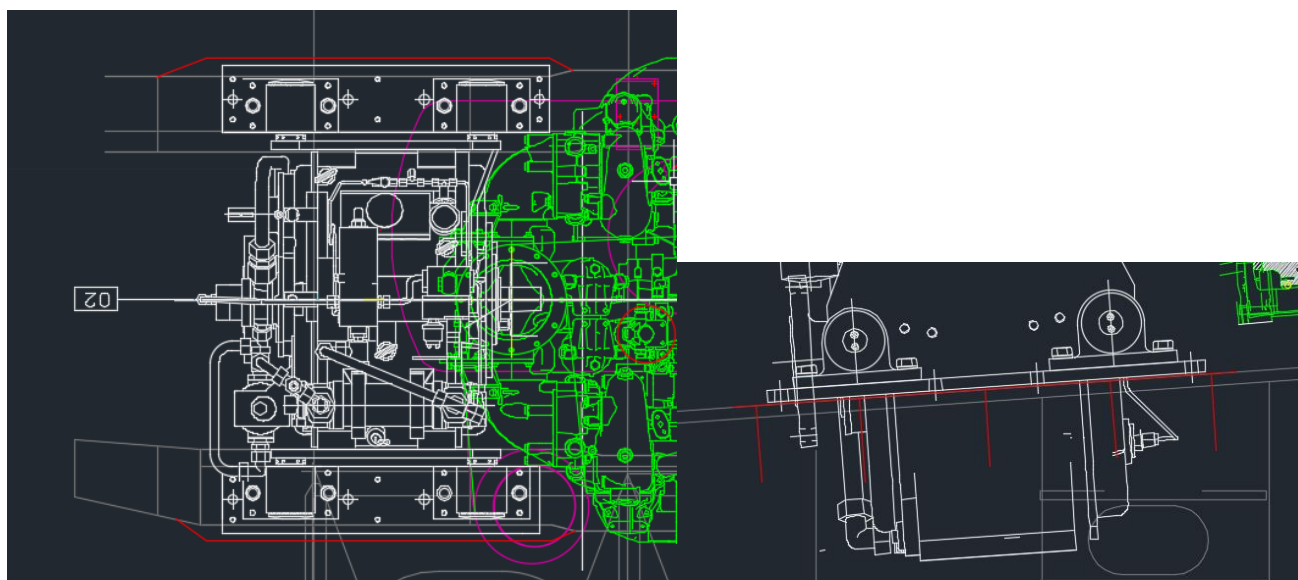


Figura 33. Rediseño de la cuaderna para reductora

[Fuente Propia]

2.2.3 MODIFICACIONES EN EL ESCAPE

Al igual que con los apoyos del motor sobre la cuaderna, al ser un motor nuevo y de una casa constructora diferente, no se asemeja el escape nuevo al motor montado actualmente.

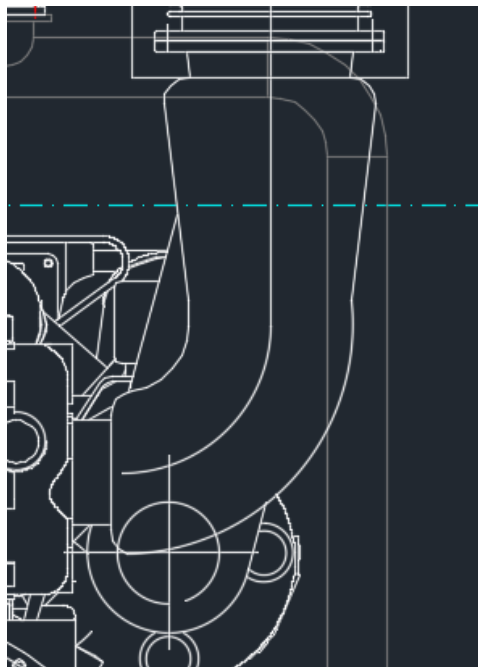


Figura 34. Escape motor actual

[Fuente Propia]

El motor MAN tendrá situada la salida de los gases de escape en la parte superior y centrada, mientras que en el motor CATERPILLAR actual, la salida de los gases de escape, se situará a un lado del motor y en la parte delantera de este como podemos observar en la Figura 34.

Para no aumentar el presupuesto del proyecto y evitar así modificar el silenciador, se aprovechará la entrada a este que ya existe. Para ello habrá que realizar una nueva tubería con forma de S que conecte la salida de los gases de escape con la entrada al silenciador como podemos observar en la Figura 35. Esta tubería tendrá un diámetro de 191,5mm tanto en la conexión con el motor como en la conexión con el silenciador y un espesor de chapa de 15mm y deberá superar las siguientes pruebas antes de ser montada [18] :

- prueba de tracción a temperatura ambiente
- prueba de aplanamiento o prueba de flexión, según corresponda
- prueba de tracción a la temperatura de diseño, excepto:
 - la temperatura de diseño es inferior a 200°C
 - las propiedades mecánicas del material a altas temperaturas ya han sido

aprobadas.

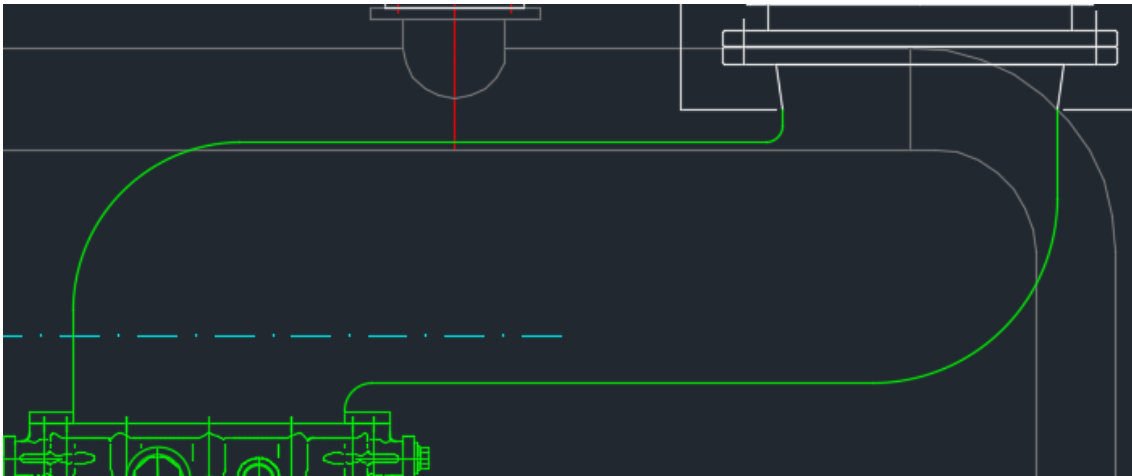


Figura 35. Rediseño del escape para el motor MAN.

[Fuente Propia]

Al tratar de una zona expuesta a altas temperaturas, no deberá superar la superficie la temperatura de 220°C, por lo que deberán ser aislados térmicamente, tal y como manda RINA, se necesitará por lo tanto un material capaz de soportarlas sin que este modifique sus características, por lo tanto, es muy importante seleccionar bien los materiales ya que, si no, pueden surgir graves problemas.

En este caso, se utilizarán tubos de acero inoxidable sin costura A-312 TP316L de Shc 10 para la construcción de los tubos debido a su buen comportamiento en ambiente marino[20]. De igual manera, las tuberías de escape deberán ser colocadas entre ellas y las estructuras o accesorios del casco más cercanos a una distancia mayor a 200mm. Los tubos de escape y los conductos de humo deben ser diseñados de tal manera que cualquier expansión o contracción no cause tensiones anormales en el sistema de tuberías y, en particular, en la conexión con los turboventiladores de los motores [18].

2.2.3.1 MANTAS PROTECTORAS

Como bien hemos comentado previamente, por dicha tubería circularán gases a altas temperaturas, por lo que será necesario aislar tanto esta tubería como todas por las que circulen gases a altas temperaturas ya que, la sala de máquinas, al tratarse de un espacio cerrado, deberá estar a una temperatura adecuada para que se pueda trabajar en ella. En

el caso de que no se aislasen estas zonas sería imposible trabajar en la sala de máquinas debido a las altas temperaturas que existirían.

Las zonas a proteger son las siguientes:

- Sistemas de tuberías de vapor
- Silenciadores
- Componentes del motor
- Tubería de escape
- Turbocompresores
- Codos
- Colectores de escape

Existen dos tipos de aislamientos:

- Permanente
- Extraíble

Para ambas aplicaciones se utilizarán materiales de aislamiento similares, pero el revestimiento exterior será diferente en ambos.

El aislamiento permanente es el que se utilizará en tramos de tuberías largos y que no sea necesaria la extracción de dicho revestimiento para la realización de inspecciones o mantenimiento ya que este tipo de aislamiento es difícil de quitar o reemplazar.

El aislamiento extraíble se compone de paneles de cierto tamaño los cuales se colocarán alrededor de la pieza a aislar y se unirán mediante un sistema de cuerdas o con velcro. Este tipo de aislamiento es de fácil montaje y permite que se pueda retirar para el mantenimiento o realizar inspecciones. La diferencia de temperatura máxima que deberá existir entre la temperatura del aislante y el exterior según la sociedad clasificatoria RINA serán 10°C [18].

Las mantas como podemos observar en la Figura 36 son de un material aislante por ambas caras y en su interior tienen un relleno de espuma o de un tejido sintético especial.



Figura 36. Manta térmica extraíble

[21]

2.2.4 MODIFICACIONES EN LA LINEA DE AGUA SALADA.

Otro sistema que se ha de modificar es el sistema de agua salada para la refrigeración del motor.

El motor MAN tendrá por lo tanto situadas la entrada y la salida de agua salada para la refrigeración en posiciones diferentes al motor CATERPILLAR actual. En el caso del MAN se situarán en la zona izquierda como podemos observar en las Figuras 37 y 38, siendo la entrada la tubería más cercana a la reductora y la salida, la tubería más lejana a la reductora.

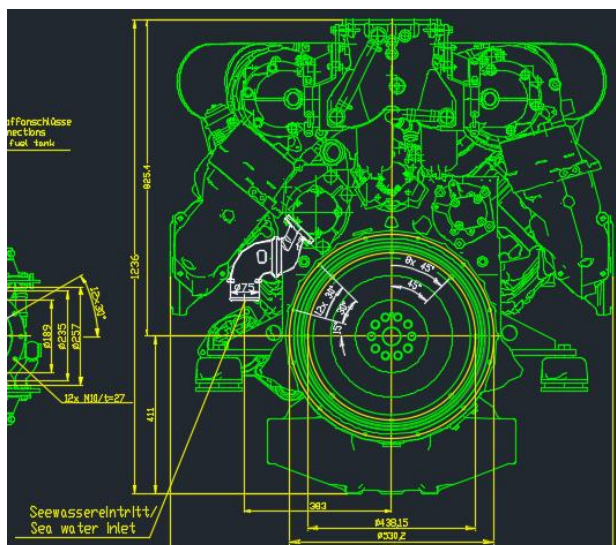


Figura 37. Entrada de agua salada

[9]

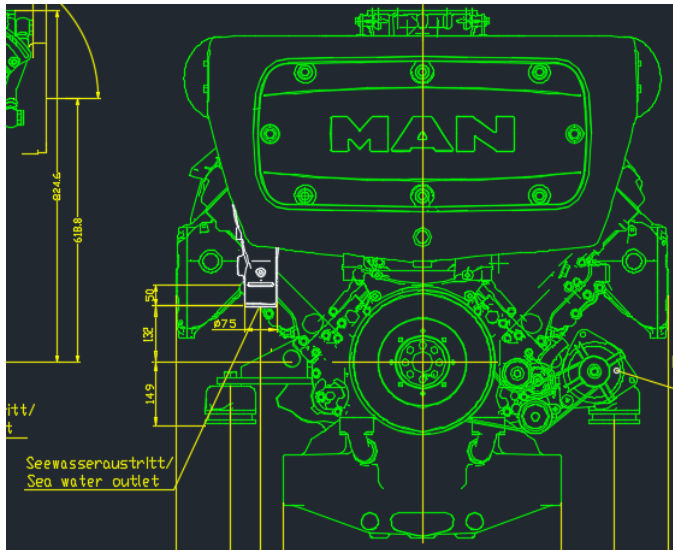


Figura 38. Salida del agua salada

[9]

Mientras que en el motor CATERPILLAR tanto la entrada como la salida se situarán en la parte más lejana a la reductora, estando la entrada de agua salada en la parte izquierda y la salida en la parte derecha.

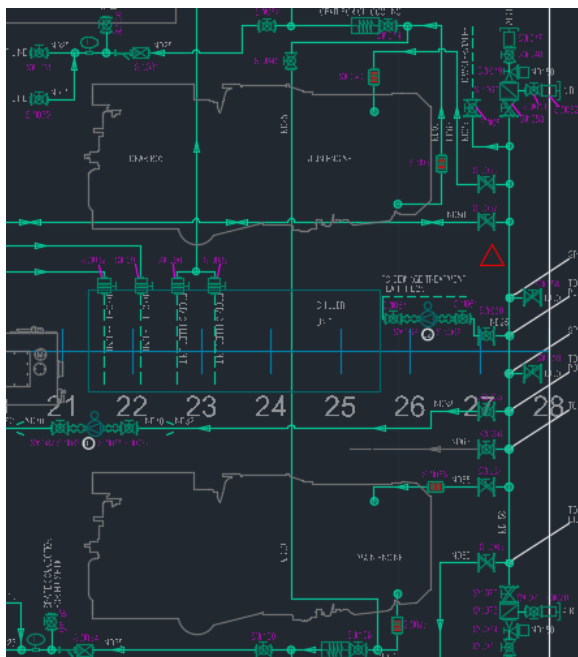
Al existir esta diferencia clara de posicionamiento se ha de modificar por lo tanto las líneas alargando o acortando las tuberías según sea necesario.

En el caso de la entrada de agua al situarse la del motor MAN en la zona más cercana a la reductora y en la parte izquierda se ha de alargar la tubería unos centímetros más ya que la entrada del CATERPILLAR se encuentra en el mismo costado, por lo que esto no supondría mucho problema.

La salida de agua entre ambos motores ya tiene más variantes, ya que en el motor CATERPILLAR se sitúa en el costado contrario a la del motor MAN. En función de si se trata del motor de babor o del motor de estribor habrá que realizar diferentes modificaciones.

En el caso del motor de babor la entrada de agua salada habrá que alargarla 958mm hacia popa y de igual manera aprovechar parte del sistema de entrada del motor CATERPILLAR para la salida del motor MAN, como podemos observar en la Figura 39 el sistema continúa hacia la zona de popa-babor hacia el generador y la refrigeración de los ejes, puesto que en el motor MAN la salida se sitúa en el lado de babor mientras que

En el motor de estribor sucederá lo contrario, en el motor CATERPILLAR la salida se situará en la zona de estribor, que es la zona por donde sigue la línea de refrigeración para refrigerar el generador de estribor y los ejes, mientras que en el motor MAN se situará en el costado de babor, por lo que en este caso habría que alargar la línea 792mm para que así llegase a la salida del motor. En el caso de la entrada, habría que alargar la línea 958mm hacia popa para que así conectase correctamente, lo que equivale a 1750mm de tubería, en la figura 40 podemos observar la nueva forma que tendrán las líneas para el agua salada.



[Fuente Propia]

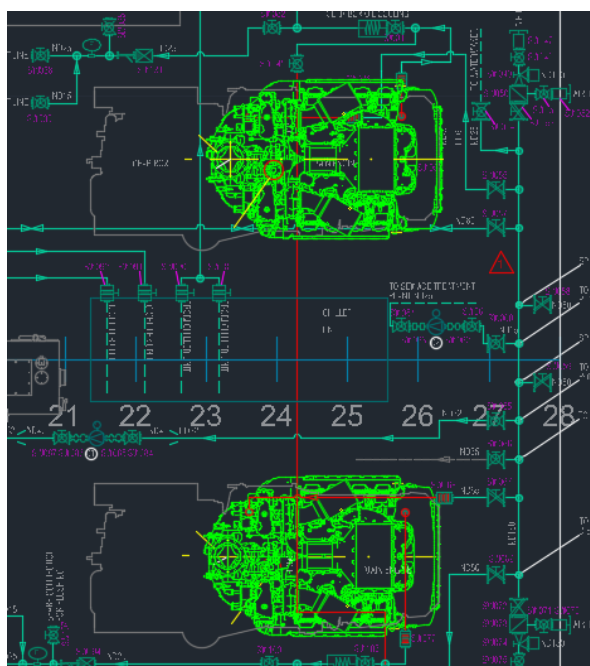


Figura 40. Rediseño del sistema de agua salada

[Fuente Propia]

En cuanto a las medidas de las tuberías utilizadas, en el caso de las actuales, el buque tiene unas tuberías de 2'' de diámetro de acero inoxidable, lo que equivale a 60,3mm, mientras que en el motor MAN tanto la tubería de entrada como la de salida serán de 75mm de diámetro, lo que hará que sea necesario la soldadura mediante el método TIG de una adaptación entre ambas tuberías. Tras la realización de la soldadura, la cual deberá ser realizada por soldadores aprobados por RINA, se realizarán test de presión y de estanqueidad en dichas tuberías antes de ser montadas para que así dicha sociedad clasificatoria las apruebe.

La soldadura y las pruebas no destructivas de las soldaduras se llevarán a cabo de acuerdo con.

- Las uniones soldadas a tope deben ser de tipo de penetración total con o sin disposición especial para una alta calidad del lado de la raíz.
- Las soldaduras a tope con una disposición especial para una alta calidad del lado de la raíz pueden utilizarse para tuberías de cualquier clase y cualquier diámetro exterior.
- Las uniones soldadas de manguito y de encaje deben tener mangas, encajes y soldaduras de dimensiones adecuadas de acuerdo con un estándar reconocido por RINA [18].

| External diameter (mm) | Minimum wall thickness (mm) |
|--|-----------------------------|
| 8,0 to 10,0 | 0,8 |
| 12 to 20 | 1,0 |
| 25,0 to 44,5 | 1,2 |
| 50,0 to 76,1 | 1,5 |
| 88,9 to 108,0 | 2,0 |
| 133,0 to 159,0 | 2,5 |
| 193,7 to 267,0 | 3,0 |
| 273,0 to 457,2 | 3,5 |
| Note 1: A different thickness may be considered by RINA on a case-by-case basis, provided that it complies with recognised standards. | |

Tabla 16. Espesor en función del diámetro

[18]

En esta tabla podemos observar los diferentes espesores de las tuberías en función de el diámetro externo de esta.

2.2.5 MODIFICACIONES EN LA LINEA DE COMBUSTIBLE

Al igual que en el sistema de agua salada, habrá que realizar una serie de modificaciones en función del posicionamiento de la entrada y la salida de combustible del motor.

El motor MAN tendrá por su parte tanto la entrada como la salida situadas en la zona central del motor como se puede observar en la Figura 41.

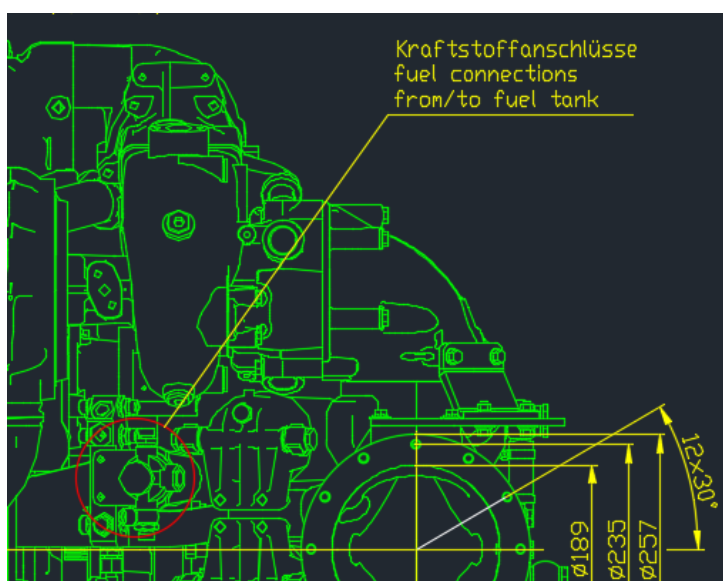


Figura 41. Entrada/Salida de combustible.

[9]

Mientras que el motor CATERPILLAR, en su caso, la salida y la entrada de combustible se encontrarán en diferentes localizaciones del motor, como podemos ver en la Figura 42, la entrada se encontrará en la zona de estribor, entrando a través de un filtro mientras que la salida se encontrará en estribor igualmente y en la zona trasera del motor.

Las modificaciones en la línea de combustible han sido para los dos motores es iguales, en el caso de las modificaciones para la entrada, se ha de desplazar tanto la válvula como la manguera elástica más hacia popa, por lo que se ha de alargar la línea 1018mm para que así se sitúe a la altura de la entrada al motor, como podemos observar en la Figura 43.

Por otro lado, para la salida de combustible, se ha de desplazar igualmente la línea hacia popa hasta el mismo punto que la entrada, lo que supondrá un aumento de 1438mm a la línea de retorno del motor.

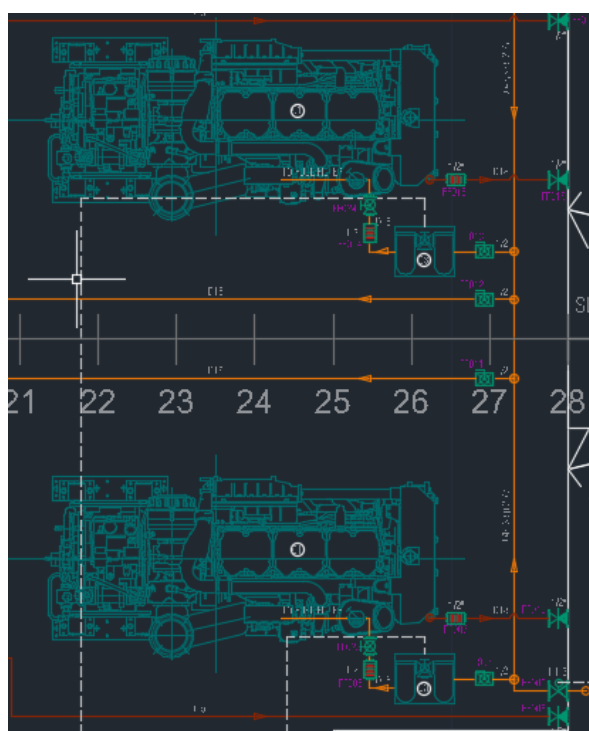


Figura 42. Sistema de combustible actual

[Fuente Propia]



Al igual que en la línea de agua salada al motor, la tubería que tiene instalada se trata de una tubería de acero inoxidable de 2'' de diámetro mientras que tanto la entrada como la salida de combustible del motor será en este caso de 40mm, por lo que habrá que soldar de igual manera que la anterior línea, mediante una soldadura TIG, una adaptación para conectar ambas tuberías, pero en este caso al revés que en la otra línea. De igual manera, se deberá realizar dicha soldadura mediante soldadores aprobados por RINA y una vez realizada la soldadura hacer un test de presión y de estanqueidad. Al igual que con la línea de agua salada, se debe de seguir la normativa RINA en cuanto a espesor de tubería. [Tabla16].

2.3 ANEXO CATALOGOS

INDICE

| | |
|-----------------------------|----|
| REINTJES WAF 164 - 274..... | 50 |
| REINTJES WAF 344 - 444..... | 51 |
| MANUAL MOTOR MAN..... | 52 |

2.3.1 REINTJES WAF 164 - 274

Pleasure Duty

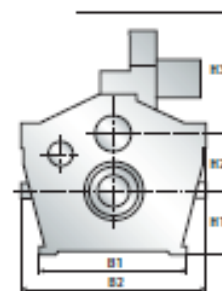
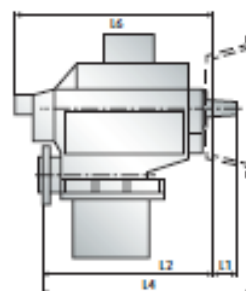


WAF/LAF* 164 – 274

* Reduction gearbox type AF without clutch available on request.



Product brochure



Main Dimensions mm (Vertically offset configuration)

| Model | B1 | B2 | H1 | H2 | H3 | L1 | L2 | L4 SAE 1 | L4 SAE 0 | L4 SAE 00 | L6 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------------|-------------|--------------|-----|
| WAF 164 | 505 | 660 | 315 | 290 | 370 | 70 | 595 | - | 655 | - | 685 |
| WAF 244 | 530 | 640 | 240 | 215 | 355 | 70 | 560 | - | 625 | - | 685 |
| WAF 264 | 540 | 670 | 345 | 315 | 365 | 70 | 595 | - | 660 | - | 685 |
| WAF 274 | 700 | 830 | 420 | 380 | 365 | 70 | 600 | - | 665 | - | 690 |

| P | 1900 rpm | | 2100 rpm | | 2300 rpm | | WEIGHT | | RATIOS |
|----------------|----------|-------|----------|-------|----------|-------|--------|--------|-------------------------------|
| kw/rpm | BHP | (KW) | BHP | (KW) | BHP | (KW) | kg | (lbs) | # = special reduction ratio |
| WAF 164 | | | | | | | | | |
| 0,25 | 636 | (475) | 704 | (525) | 770 | (575) | 525 | (1155) | 3,964#; 4,560; 5,044; 5,619# |
| 0,23 | 586 | (437) | 647 | (483) | 709 | (529) | 525 | (1155) | 5,950 |
| WAF 244 | | | | | | | | | |
| 0,29 | 747 | (557) | 825 | (616) | 904 | (675) | 455 | (1001) | 1,343#; 1,563#; 2,037#; 2,538 |
| 0,29 | 738 | (551) | 816 | (609) | 894 | (667) | 455 | (1001) | 2,957 |
| 0,27 | 687 | (513) | 760 | (567) | 832 | (621) | 455 | (1001) | 3,522 |
| 0,25 | 636 | (475) | 704 | (525) | 770 | (575) | 455 | (1001) | 3,952 |
| WAF 264 | | | | | | | | | |
| 0,29 | 747 | (557) | 825 | (616) | 904 | (675) | 700 | (1540) | 3,519#; 4,083; 4,500 |
| 0,29 | 738 | (551) | 816 | (609) | 894 | (667) | 700 | (1540) | 5,050 |
| 0,28 | 713 | (532) | 788 | (588) | 863 | (644) | 700 | (1540) | 5,476# |
| 0,26 | 662 | (494) | 732 | (546) | 801 | (598) | 700 | (1540) | 5,800 |
| WAF 274 | | | | | | | | | |
| 0,29 | 747 | (557) | 825 | (616) | 904 | (675) | 725 | (1595) | 6,115#; 6,400#; 7,044 |
| 0,27 | 687 | (513) | 760 | (567) | 832 | (621) | 725 | (1595) | 7,409# |

2.3.2 REINTJES WAF 344 - 444

Pleasure Duty

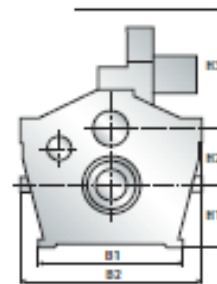
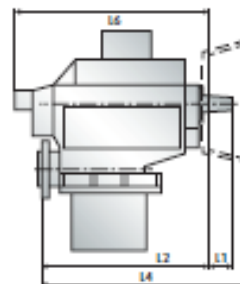


WAF/LAF* 344 – 444

* Reduction gearbox type AF without clutch available on request.



Product brochure



Main Dimensions mm (Vertically offset configuration)

| Model | B1 | B2 | H1 | H2 | H3 | L1 | L2 | L4 SAE 1 | L4 SAE 0 | L4 SAE 00 | L6 |
|---------|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-------------|-------------|--------------|-----|
| WAF 344 | 570 | 720 | 265 | 250 | 395 | 80 | 645 | - | 750 | - | 740 |
| WAF 364 | 580 | 750 | 380 | 345 | 415 | 80 | 665 | - | 775 | - | 755 |
| WAF 374 | 800 | 930 | 460 | 410 | 430 | 80 | 670 | - | 775 | - | 860 |
| WAF 444 | 495 | 740 | 285 | 270 | 505 | 95 | 720 | - | 820 | - | 810 |

P

| | 1900 rpm | | 2100 rpm | | 2300 rpm | | WEIGHT | | RATIOS |
|----------------|----------|-------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|--|
| kw/rpm | BHP | (KW) | BHP | (KW) | BHP | (KW) | kg | (lbs) | # = special reduction ratio |
| WAF 344 | | | | | | | | | |
| 0,38 | 967 | (722) | 1069 | (798) | 1171 | (874) | 730 | (1606) | 1,277#; 1,488#; 1,972#; 2,452; 2,963 |
| 0,33 | 840 | (627) | 929 | (693) | 1017 | (759) | 730 | (1606) | 3,571 |
| 0,31 | 789 | (589) | 872 | (651) | 955 | (713) | 730 | (1606) | 4,053 |
| WAF 364 | | | | | | | | | |
| 0,38 | 967 | (722) | 1069 | (798) | 1171 | (874) | 810 | (1782) | 3,485#; 3,933#; 4,482; 4,920; 5,435 |
| 0,37 | 942 | (703) | 1041 | (777) | 1140 | (851) | 810 | (1782) | 6,048 |
| WAF 374 | | | | | | | | | |
| 0,38 | 967 | (722) | 1069 | (798) | 1171 | (874) | 1200 | (2640) | 6,120#; 6,417#; 7,091 |
| 0,35 | 891 | (665) | 985 | (735) | 1079 | (805) | 1200 | (2640) | 7,476 |
| WAF 444 | | | | | | | | | |
| 0,48 | 1222 | (912) | 1351 | (1008) | 1479 | (1104) | 760 | (1672) | 1,468#; 1,698#; 1,974#; 2,467#; 2,962; 3,522 |
| 0,42 | 1069 | (798) | 1182 | (882) | 1294 | (966) | 760 | (1672) | 3,952 |

2.3.3 MANUAL MOTOR MAN

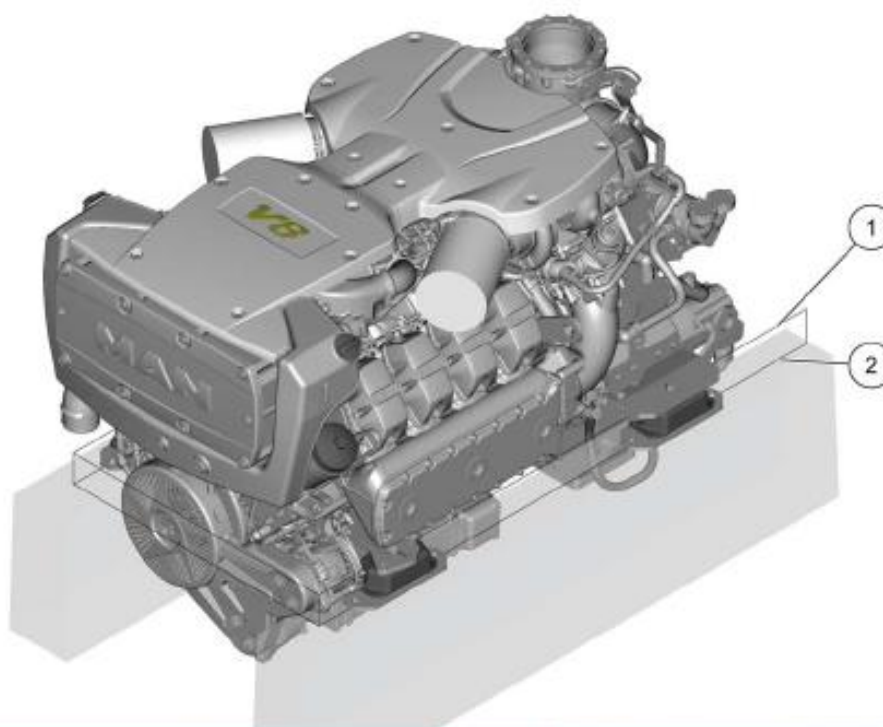
MAN marine diesel engines D2868 LE4.. / D2862 LE4..

Engine foundation

5 Engine foundation

5.1 Requirements of engine foundation

- The engine foundation in the ship must be constituted so that it can absorb the propeller thrust in both directions and transfer it to the hull.
- It must be possible to safely and reliably absorb the weight of the drive line and all dynamic forces caused by rough seas.
- Hull distortions caused by swell and loading are not allowed to be transferred to the engine. The engine foundation is to be connected to the hull over as large an area as possible.
- The engine mounting base (engine foundation) (2) must be parallel to the engine mounting lower edge (1) so that the resilient engine mounts do not cant. The engines are not allowed to be rigidly mounted on the foundation.



MAN marine diesel engines D2868 LE4.. / D2862 LE4..

Engine foundation

5.2 Engine weights

The weights of the engines (without gearbox) are given in the following table:

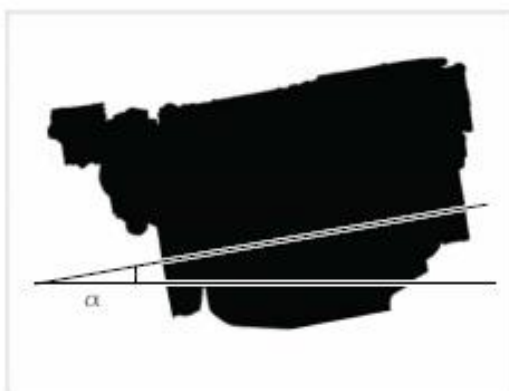
| Engine model | Rated power kW (hp) | Rated speed rpm | Engine weights (dry, without gearbox) kg |
|------------------------------|------------------------|--------------------|--|
| Light duty | | | |
| D2868 LE423 / 426 (V8-1000) | 735 (1000) | 2300 | 1780 |
| D2868 LE433 / 436 (V8-1200) | 882 (1200) | 2300 | 1875 |
| D2862 LE443 / 446 (V12-1400) | 1029 (1400) | 2300 | 2270 |
| D2862 LE423 / 426 (V12-1550) | 1140 (1550) | 2300 | 2270 |
| D2862 LE453 / 456 (V12-1650) | 1213 (1650) | 2300 | 2365 |
| D2862 LE433 / 436 (V12-1800) | 1324 (1800) | 2300 | 2365 |
| D2862 LE476 (V12-1900) | 1397 (1900) | 2300 | 2365 |
| Medium duty | | | |
| D2868 LE422 / 425 | 588 (800) | 2100 | 1800 |
| D2862 LE422 / 425 | 749 (1019) | 2100 | 2270 |
| D2862 LE432 / 435 | 882 (1200) | 2100 | 2270 |
| D2862 LE463 / 466 | 1029 (1400) | 2100 | 2270 |
| Heavy duty | | | |
| D2868 LE421 / 424 | 441 (600) | 1800 | 1800 |
| D2862 LE421 / 424 | 662 (900) | 1800 | 2270 |
| D2862 LE431 / 434 | 551 (750) | 1800 | 2270 |
| D2862 LE444 | 735 (1000) | 1800 | 2270 |

The weights are based on the engine without lube oil and coolant. To determine the weight of the engine ready for operation, the weight of the lube oil and coolant must be added.

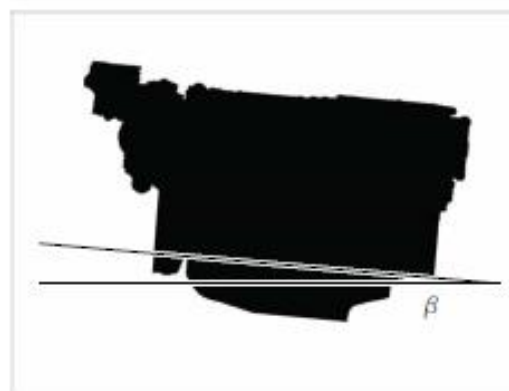
| Weights of the filling capacities | | | | |
|--|-----------|-------|------------|--------|
| Engine model | Lube oil | | Coolant | |
| D2868 LE4.. | 62 litres | 56 kg | 85 litres | 90 kg |
| D2862 LE4.. | 90 litres | 80 kg | 113 litres | 120 kg |

5.3 Maximum permitted angle of inclination for engine

If the engine is to be installed at an inclination on its longitudinal axis, the maximum permitted angle of inclination must not be exceeded. The max. permitted angle of inclination is the largest angle that can be expected when the ship is underway, i.e. installation inclination plus max. trim angle of the ship.



α = Angle at flywheel end



β = Angle at free end

| Engine model | Oil pan (part no.) | α | β |
|-------------------|--------------------|----------|---------|
| D2868 LE4.. (V8) | 50.05801-0002 | 20° | 5° |
| D2862 LE4.. (V12) | 50.05801-0003 | 20° | 5° |

NOTE

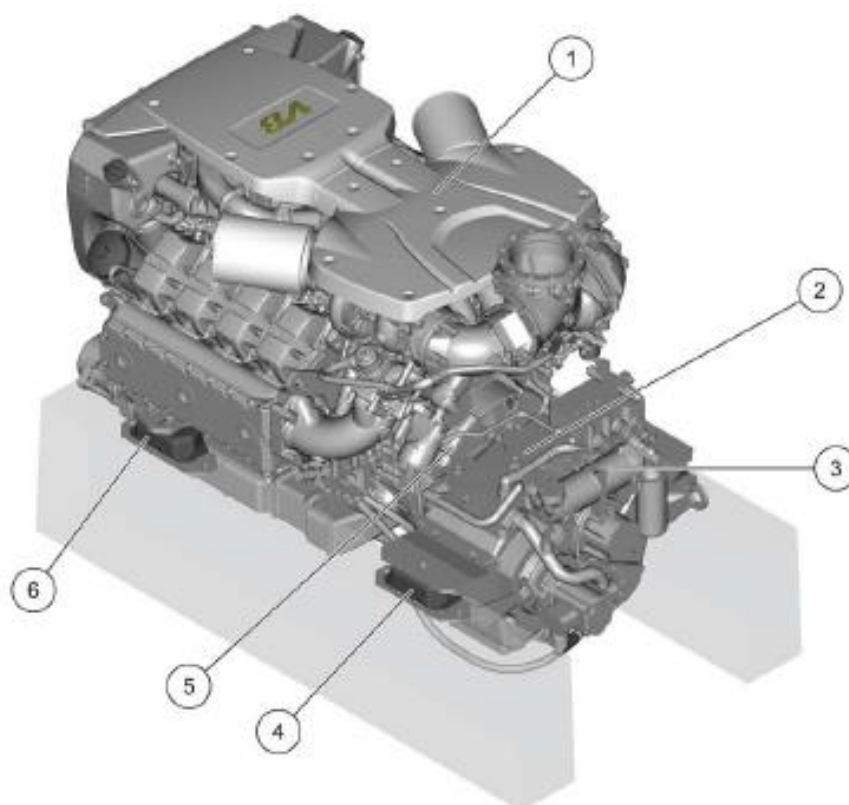
The angle β of 5° to the counter-flywheel side is only permissible whilst the ship is moving.

Therefore:

- The installation inclination to the counter-flywheel side is 0°.

Engine and flange-mounted gearbox

7 Engine and flange-mounted gearbox



- (1) Engine (V8 used as an example here)
- (2) Marine reversing gear, flange-mounted to flywheel housing
- (3) Gearbox oil cooler, see page 69
- (4) Resilient gearbox mounting, see page 32
- (5) Flywheel housing, see pages 37, 155
- (6) Resilient engine mounting, see page 32

DANGER

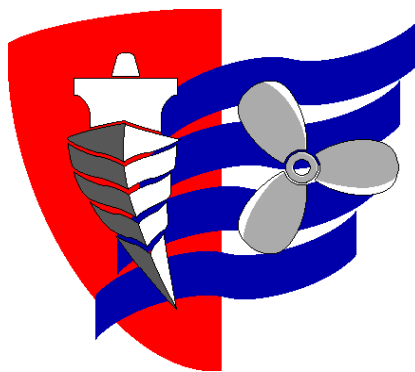
Danger to life due to rotating machine parts

Therefore:

- For safety reasons, rotating machine parts (shafts, flanges) must be equipped with suitable accidental-contact protection. Observe accident prevention regulations!

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANOS

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

3.PLANOS

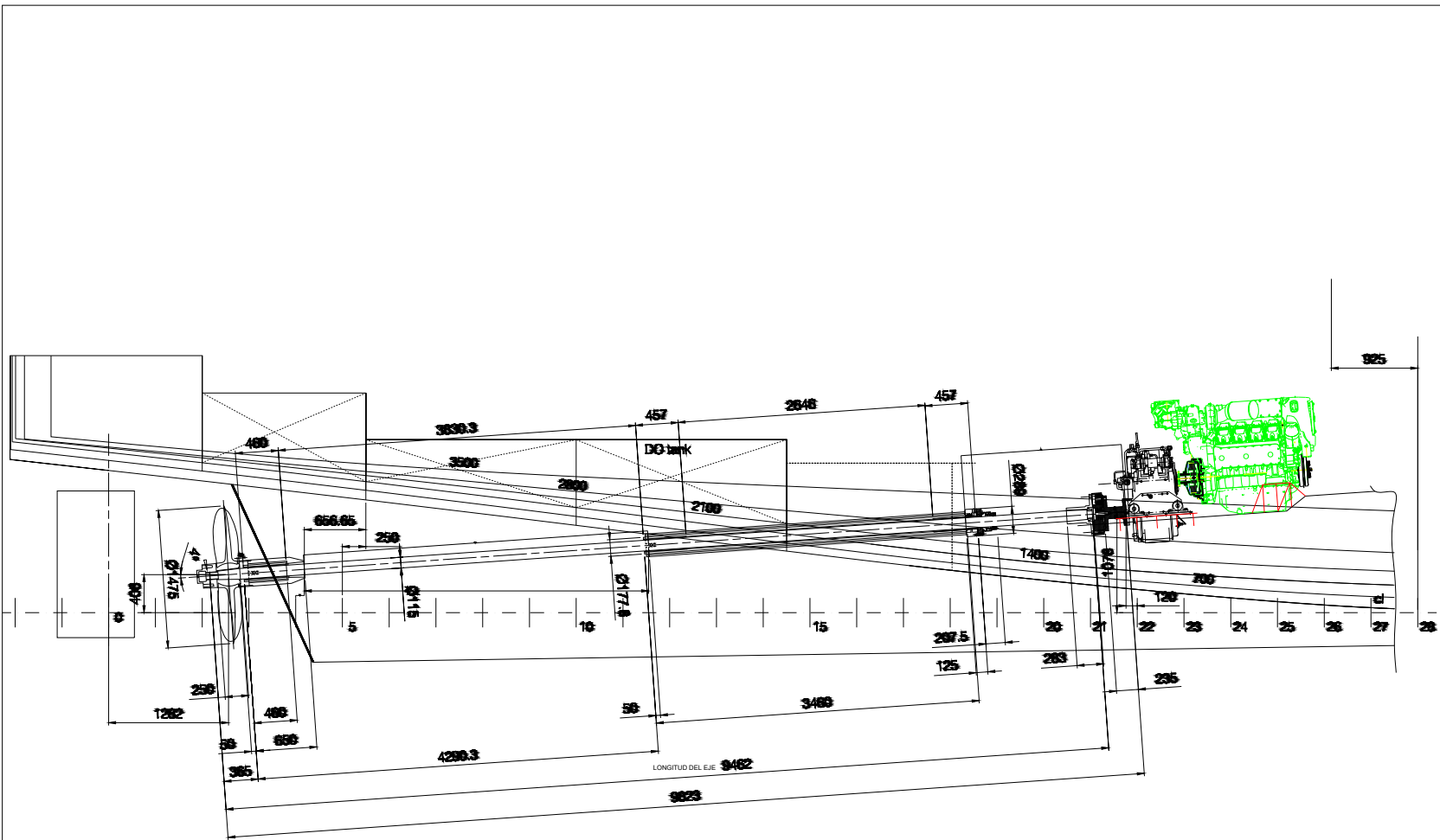
ÍNDICE

| | |
|---------------|-------------------------------|
| PLANO 1..... | EJE DE LA HÉLICE |
| PLANO 2..... | MODIFICACIÓN ESCAPES Y APOYOS |
| PLANO 3..... | LINEAS DE FUEL OIL |
| PLANO 4..... | LINEAS DE AGUA SALADA |
| PLANO 5..... | EXTENSIÓN REDUCTORA |
| PLANO 6..... | EXTENSIÓN MOTOR |
| PLANO 7..... | MOTOR AUXILIAR |
| PLANO 8..... | MOTOR AUXILIAR 2 |
| PLANO 9..... | GENERADOR AUXILIAR |
| PLANO 10..... | GENERADOR AUXILIAR 2 |
| PLANO 11..... | PRECALENTADOR |
| PLANO 12..... | CONTROL DE LA REDUCTORA |

| Nº PLANOS | EDICIÓN | DESIGNACIÓN | DIMENSIONES |
|-----------|------------------|--------------------------|-------------|
| 12 | El Autor del TFG | Vista general/Detalle | A3 |

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



| DATOS | | | |
|---|------------|---|---------|
| (ESLORA) LENGTH OVERALL | LOA | = | 4200 mm |
| (ESLORA DE FLOTACIÓN) WATERLINE LENGTH | LWL | = | 3630 mm |
| (ESLORA ENTRE PERPENDICULARES) LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS | LBP | = | 3630 mm |
| (MANGA DE TRAZADO) MOLDDED BREADTH | B | = | 1202 mm |
| (PUNTA) MOLDDED DEPTH | D | = | 400 mm |
| (CALADO A PLENA CARGA) FULL LOAD DRAFT | DWL | = | 300 mm |
| (DESPLAZAMIENTO) DISPLACEMENT | Δ | = | 3000 kg |
| (TONELAJE BRUTO ESTIMADO) GRANDS TONNAGE ESTIMATED | | = | 3000 kg |

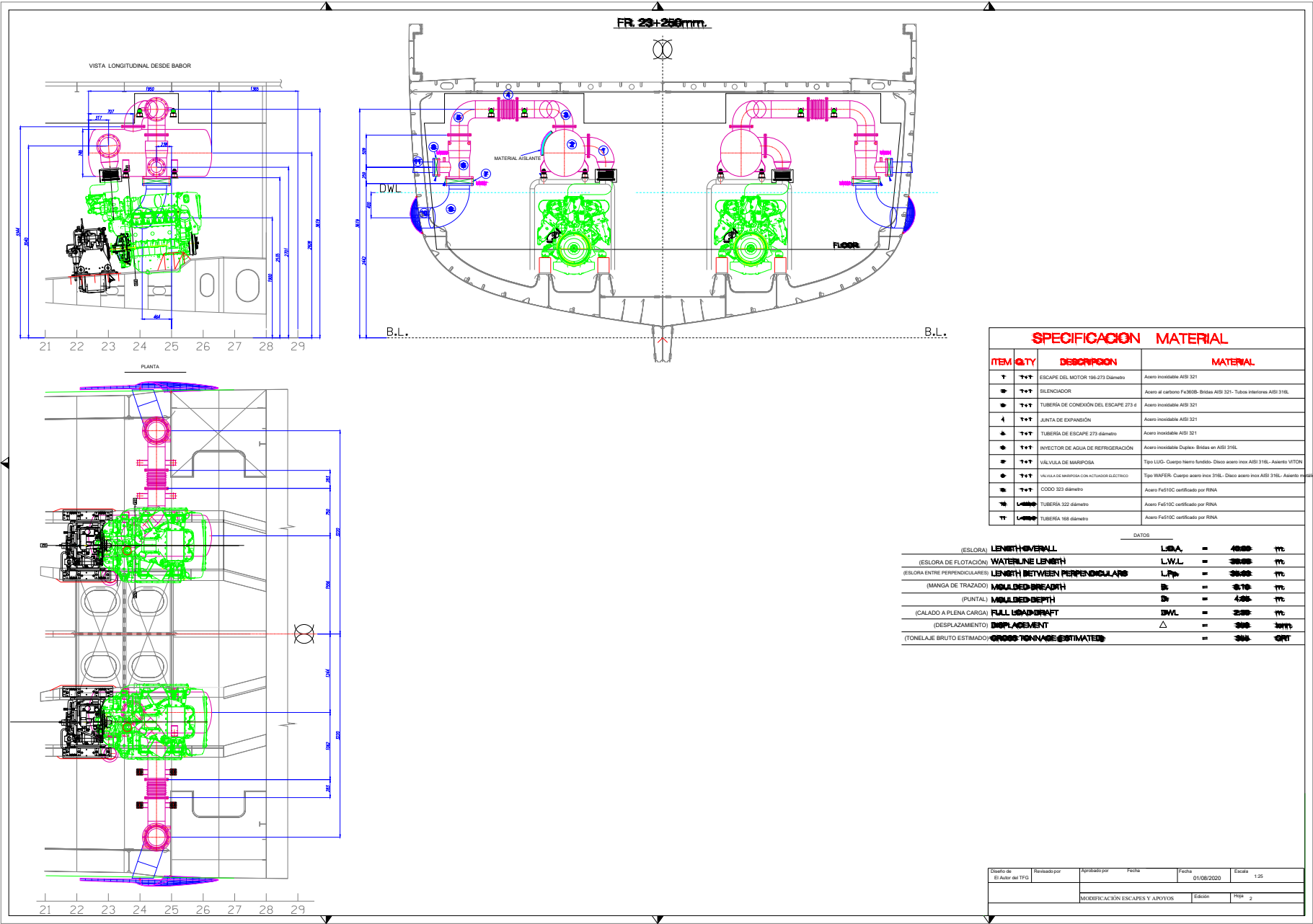
DATOS DE LA PROPULSIÓN

- Motor principal MAN D2868 LE443, 662KW @ 2100 rpm
- Reductora Reintjes WAF 364
- Material del eje: Duplex 1.4462
- Pala de la hélice: Diámetro máximo: 1540mm
- Velocidad máxima: 14 nudos

| | | | | | |
|------------------|--------------|--------------|------------------|------------|--------|
| Diseño de | Revisado por | Aprobado por | Fecha | Fecha | Escala |
| El Autor del TFG | | | | 01/08/2020 | 1:25 |
| | | | EJE DE LA HÉLICE | | |
| | | | Edición | | |
| | | | Hoja 1 | | |

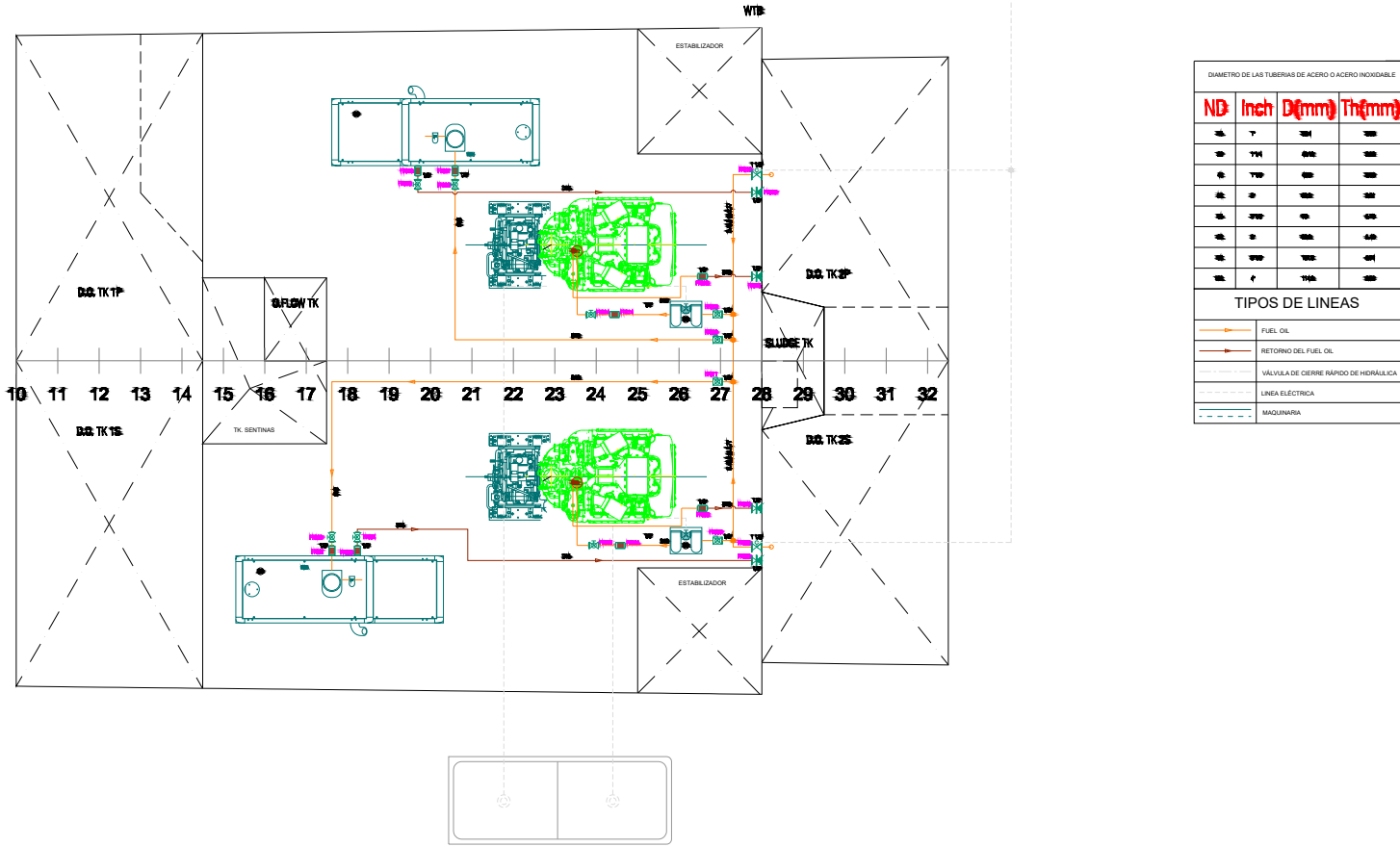
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

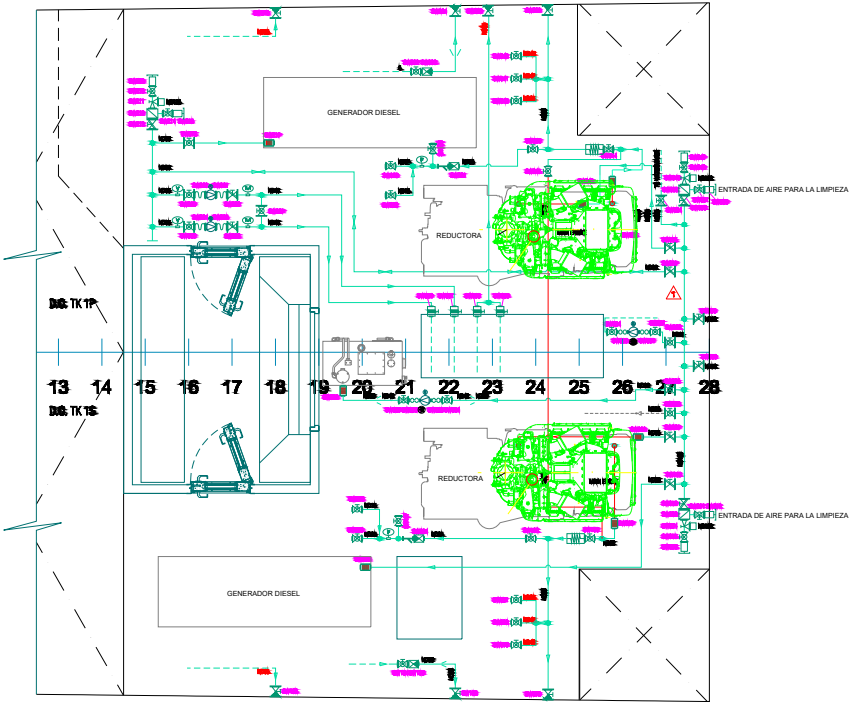


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



| DIAMETRO DE LAS TUBERIAS DE ACERO O ACERO INOXIDABLE | | | |
|--|----------|--------|--------|
| ND | Inch | D(mm) | Tn(mm) |
| 1/2" | 1/2" | 12.7 | 12.7 |
| 3/4" | 3/4" | 19.0 | 19.0 |
| 1" | 1" | 25.4 | 25.4 |
| 1 1/4" | 1 1/4" | 38.1 | 38.1 |
| 1 1/2" | 1 1/2" | 41.3 | 41.3 |
| 2" | 2" | 50.8 | 50.8 |
| 2 1/2" | 2 1/2" | 63.5 | 63.5 |
| 3" | 3" | 76.2 | 76.2 |
| 3 1/2" | 3 1/2" | 88.9 | 88.9 |
| 4" | 4" | 101.6 | 101.6 |
| 4 1/2" | 4 1/2" | 114.3 | 114.3 |
| 5" | 5" | 127.0 | 127.0 |
| 5 1/2" | 5 1/2" | 140.0 | 140.0 |
| 6" | 6" | 152.4 | 152.4 |
| 6 1/2" | 6 1/2" | 165.1 | 165.1 |
| 7" | 7" | 177.8 | 177.8 |
| 7 1/2" | 7 1/2" | 190.5 | 190.5 |
| 8" | 8" | 203.2 | 203.2 |
| 8 1/2" | 8 1/2" | 215.9 | 215.9 |
| 9" | 9" | 228.6 | 228.6 |
| 9 1/2" | 9 1/2" | 241.3 | 241.3 |
| 10" | 10" | 254.0 | 254.0 |
| 10 1/2" | 10 1/2" | 266.7 | 266.7 |
| 11" | 11" | 279.4 | 279.4 |
| 11 1/2" | 11 1/2" | 292.1 | 292.1 |
| 12" | 12" | 304.8 | 304.8 |
| 12 1/2" | 12 1/2" | 317.5 | 317.5 |
| 13" | 13" | 330.2 | 330.2 |
| 13 1/2" | 13 1/2" | 342.9 | 342.9 |
| 14" | 14" | 355.6 | 355.6 |
| 14 1/2" | 14 1/2" | 368.3 | 368.3 |
| 15" | 15" | 381.0 | 381.0 |
| 15 1/2" | 15 1/2" | 393.7 | 393.7 |
| 16" | 16" | 406.4 | 406.4 |
| 16 1/2" | 16 1/2" | 419.1 | 419.1 |
| 17" | 17" | 431.8 | 431.8 |
| 17 1/2" | 17 1/2" | 444.5 | 444.5 |
| 18" | 18" | 457.2 | 457.2 |
| 18 1/2" | 18 1/2" | 469.9 | 469.9 |
| 19" | 19" | 482.6 | 482.6 |
| 19 1/2" | 19 1/2" | 495.3 | 495.3 |
| 20" | 20" | 508.0 | 508.0 |
| 20 1/2" | 20 1/2" | 520.7 | 520.7 |
| 21" | 21" | 533.4 | 533.4 |
| 21 1/2" | 21 1/2" | 546.1 | 546.1 |
| 22" | 22" | 558.8 | 558.8 |
| 22 1/2" | 22 1/2" | 571.5 | 571.5 |
| 23" | 23" | 584.2 | 584.2 |
| 23 1/2" | 23 1/2" | 596.9 | 596.9 |
| 24" | 24" | 609.6 | 609.6 |
| 24 1/2" | 24 1/2" | 622.3 | 622.3 |
| 25" | 25" | 635.0 | 635.0 |
| 25 1/2" | 25 1/2" | 647.7 | 647.7 |
| 26" | 26" | 660.4 | 660.4 |
| 26 1/2" | 26 1/2" | 673.1 | 673.1 |
| 27" | 27" | 685.8 | 685.8 |
| 27 1/2" | 27 1/2" | 698.5 | 698.5 |
| 28" | 28" | 711.2 | 711.2 |
| 28 1/2" | 28 1/2" | 723.9 | 723.9 |
| 29" | 29" | 736.6 | 736.6 |
| 29 1/2" | 29 1/2" | 749.3 | 749.3 |
| 30" | 30" | 762.0 | 762.0 |
| 30 1/2" | 30 1/2" | 774.7 | 774.7 |
| 31" | 31" | 787.4 | 787.4 |
| 31 1/2" | 31 1/2" | 800.1 | 800.1 |
| 32" | 32" | 812.8 | 812.8 |
| 32 1/2" | 32 1/2" | 825.5 | 825.5 |
| 33" | 33" | 838.2 | 838.2 |
| 33 1/2" | 33 1/2" | 850.9 | 850.9 |
| 34" | 34" | 863.6 | 863.6 |
| 34 1/2" | 34 1/2" | 876.3 | 876.3 |
| 35" | 35" | 889.0 | 889.0 |
| 35 1/2" | 35 1/2" | 901.7 | 901.7 |
| 36" | 36" | 914.4 | 914.4 |
| 36 1/2" | 36 1/2" | 927.1 | 927.1 |
| 37" | 37" | 939.8 | 939.8 |
| 37 1/2" | 37 1/2" | 952.5 | 952.5 |
| 38" | 38" | 965.2 | 965.2 |
| 38 1/2" | 38 1/2" | 977.9 | 977.9 |
| 39" | 39" | 990.6 | 990.6 |
| 39 1/2" | 39 1/2" | 1003.3 | 1003.3 |
| 40" | 40" | 1016.0 | 1016.0 |
| 40 1/2" | 40 1/2" | 1028.7 | 1028.7 |
| 41" | 41" | 1041.4 | 1041.4 |
| 41 1/2" | 41 1/2" | 1054.1 | 1054.1 |
| 42" | 42" | 1066.8 | 1066.8 |
| 42 1/2" | 42 1/2" | 1079.5 | 1079.5 |
| 43" | 43" | 1092.2 | 1092.2 |
| 43 1/2" | 43 1/2" | 1104.9 | 1104.9 |
| 44" | 44" | 1117.6 | 1117.6 |
| 44 1/2" | 44 1/2" | 1130.3 | 1130.3 |
| 45" | 45" | 1143.0 | 1143.0 |
| 45 1/2" | 45 1/2" | 1155.7 | 1155.7 |
| 46" | 46" | 1168.4 | 1168.4 |
| 46 1/2" | 46 1/2" | 1181.1 | 1181.1 |
| 47" | 47" | 1193.8 | 1193.8 |
| 47 1/2" | 47 1/2" | 1206.5 | 1206.5 |
| 48" | 48" | 1219.2 | 1219.2 |
| 48 1/2" | 48 1/2" | 1231.9 | 1231.9 |
| 49" | 49" | 1244.6 | 1244.6 |
| 49 1/2" | 49 1/2" | 1257.3 | 1257.3 |
| 50" | 50" | 1270.0 | 1270.0 |
| 50 1/2" | 50 1/2" | 1282.7 | 1282.7 |
| 51" | 51" | 1295.4 | 1295.4 |
| 51 1/2" | 51 1/2" | 1308.1 | 1308.1 |
| 52" | 52" | 1320.8 | 1320.8 |
| 52 1/2" | 52 1/2" | 1333.5 | 1333.5 |
| 53" | 53" | 1346.2 | 1346.2 |
| 53 1/2" | 53 1/2" | 1358.9 | 1358.9 |
| 54" | 54" | 1371.6 | 1371.6 |
| 54 1/2" | 54 1/2" | 1384.3 | 1384.3 |
| 55" | 55" | 1397.0 | 1397.0 |
| 55 1/2" | 55 1/2" | 1409.7 | 1409.7 |
| 56" | 56" | 1422.4 | 1422.4 |
| 56 1/2" | 56 1/2" | 1435.1 | 1435.1 |
| 57" | 57" | 1447.8 | 1447.8 |
| 57 1/2" | 57 1/2" | 1460.5 | 1460.5 |
| 58" | 58" | 1473.2 | 1473.2 |
| 58 1/2" | 58 1/2" | 1485.9 | 1485.9 |
| 59" | 59" | 1498.6 | 1498.6 |
| 59 1/2" | 59 1/2" | 1511.3 | 1511.3 |
| 60" | 60" | 1524.0 | 1524.0 |
| 60 1/2" | 60 1/2" | 1536.7 | 1536.7 |
| 61" | 61" | 1549.4 | 1549.4 |
| 61 1/2" | 61 1/2" | 1562.1 | 1562.1 |
| 62" | 62" | 1574.8 | 1574.8 |
| 62 1/2" | 62 1/2" | 1587.5 | 1587.5 |
| 63" | 63" | 1600.2 | 1600.2 |
| 63 1/2" | 63 1/2" | 1612.9 | 1612.9 |
| 64" | 64" | 1625.6 | 1625.6 |
| 64 1/2" | 64 1/2" | 1638.3 | 1638.3 |
| 65" | 65" | 1651.0 | 1651.0 |
| 65 1/2" | 65 1/2" | 1663.7 | 1663.7 |
| 66" | 66" | 1676.4 | 1676.4 |
| 66 1/2" | 66 1/2" | 1689.1 | 1689.1 |
| 67" | 67" | 1701.8 | 1701.8 |
| 67 1/2" | 67 1/2" | 1714.5 | 1714.5 |
| 68" | 68" | 1727.2 | 1727.2 |
| 68 1/2" | 68 1/2" | 1739.9 | 1739.9 |
| 69" | 69" | 1752.6 | 1752.6 |
| 69 1/2" | 69 1/2" | 1765.3 | 1765.3 |
| 70" | 70" | 1778.0 | 1778.0 |
| 70 1/2" | 70 1/2" | 1790.7 | 1790.7 |
| 71" | 71" | 1803.4 | 1803.4 |
| 71 1/2" | 71 1/2" | 1816.1 | 1816.1 |
| 72" | 72" | 1828.8 | 1828.8 |
| 72 1/2" | 72 1/2" | 1841.5 | 1841.5 |
| 73" | 73" | 1854.2 | 1854.2 |
| 73 1/2" | 73 1/2" | 1866.9 | 1866.9 |
| 74" | 74" | 1879.6 | 1879.6 |
| 74 1/2" | 74 1/2" | 1892.3 | 1892.3 |
| 75" | 75" | 1905.0 | 1905.0 |
| 75 1/2" | 75 1/2" | 1917.7 | 1917.7 |
| 76" | 76" | 1930.4 | 1930.4 |
| 76 1/2" | 76 1/2" | 1943.1 | 1943.1 |
| 77" | 77" | 1955.8 | 1955.8 |
| 77 1/2" | 77 1/2" | 1968.5 | 1968.5 |
| 78" | 78" | 1981.2 | 1981.2 |
| 78 1/2" | 78 1/2" | 1993.9 | 1993.9 |
| 79" | 79" | 2006.6 | 2006.6 |
| 79 1/2" | 79 1/2" | 2019.3 | 2019.3 |
| 80" | 80" | 2032.0 | 2032.0 |
| 80 1/2" | 80 1/2" | 2044.7 | 2044.7 |
| 81" | 81" | 2057.4 | 2057.4 |
| 81 1/2" | 81 1/2" | 2070.1 | 2070.1 |
| 82" | 82" | 2082.8 | 2082.8 |
| 82 1/2" | 82 1/2" | 2095.5 | 2095.5 |
| 83" | 83" | 2108.2 | 2108.2 |
| 83 1/2" | 83 1/2" | 2120.9 | 2120.9 |
| 84" | 84" | 2133.6 | 2133.6 |
| 84 1/2" | 84 1/2" | 2146.3 | 2146.3 |
| 85" | 85" | 2159.0 | 2159.0 |
| 85 1/2" | 85 1/2" | 2171.7 | 2171.7 |
| 86" | 86" | 2184.4 | 2184.4 |
| 86 1/2" | 86 1/2" | 2197.1 | 2197.1 |
| 87" | 87" | 2209.8 | 2209.8 |
| 87 1/2" | 87 1/2" | 2222.5 | 2222.5 |
| 88" | 88" | 2235.2 | 2235.2 |
| 88 1/2" | 88 1/2" | 2247.9 | 2247.9 |
| 89" | 89" | 2260.6 | 2260.6 |
| 89 1/2" | 89 1/2" | 2273.3 | 2273.3 |
| 90" | 90" | 2286.0 | 2286.0 |
| 90 1/2" | 90 1/2" | 2298.7 | 2298.7 |
| 91" | 91" | 2311.4 | 2311.4 |
| 91 1/2" | 91 1/2" | 2324.1 | 2324.1 |
| 92" | 92" | 2336.8 | 2336.8 |
| 92 1/2" | 92 1/2" | 2349.5 | 2349.5 |
| 93" | 93" | 2362.2 | 2362.2 |
| 93 1/2" | 93 1/2" | 2374.9 | 2374.9 |
| 94" | 94" | 2387.6 | 2387.6 |
| 94 1/2" | 94 1/2" | 2400.3 | 2400.3 |
| 95" | 95" | 2413.0 | 2413.0 |
| 95 1/2" | 95 1/2" | 2425.7 | 2425.7 |
| 96" | 96" | 2438.4 | 2438.4 |
| 96 1/2" | 96 1/2" | 2451.1 | 2451.1 |
| 97" | 97" | 2463.8 | 2463.8 |
| 97 1/2" | 97 1/2" | 2476.5 | 2476.5 |
| 98" | 98" | 2489.2 | 2489.2 |
| 98 1/2" | 98 1/2" | 2501.9 | 2501.9 |
| 99" | 99" | 2514.6 | 2514.6 |
| 99 1/2" | 99 1/2" | 2527.3 | 2527.3 |
| 100" | 100" | 2540.0 | 2540.0 |
| 100 1/2" | 100 1/2" | 2552.7 | 2552.7 |
| 101" | 101" | 2565.4 | 2565.4 |
| 101 1/2" | 101 1/2" | 2578.1 | 2578.1 |
| 102" | 102" | 2590.8 | 2590.8 |
| 102 1/2" | 102 1/2" | 2603.5 | 2603.5 |
| 103" | 103" | 2616.2 | 2616.2 |
| 103 1/2" | 103 1/2" | 2628.9 | 2628.9 |
| 104" | 104" | 2641.6 | 2641.6 |
| 104 1/2" | 104 1/2" | 2654.3 | 2654.3 |
| 105" | 105" | 2667.0 | 2667.0 |
| 105 1/2" | 105 1/2" | 2679.7 | 2679.7 |
| 106" | 106" | 2692.4 | 2692.4 |
| 106 1/2" | 106 1/2" | 2705.1 | 2705.1 |
| 107" | 107" | 2717.8 | 2717.8 |
| 107 1/2" | 107 1/2" | 2730.5 | 2730.5 |
| 108" | 108" | 2743.2 | 2743.2 |
| 108 1/2" | 108 1/2" | 2755.9 | 2755.9 |
| 109" | 109" | 2768.6 | 2768.6 |
| 109 1/2" | 109 1/2" | 2781.3 | 2781.3 |
| 110" | 110" | 2794.0 | 2794.0 |
| 110 1/2" | 110 1/2" | 2806.7 | 2806.7 |
| 111" | 111" | 2819.4 | 2819.4 |
| 111 1/2" | 111 1/2" | 2832.1 | 2832.1 |
| 112" | 112" | 2844.8 | 2844.8 |
| 112 1/2" | 112 1/2" | 2857.5 | 2857.5 |
| 113" | 113" | 2870.2 | 2870.2 |
| 113 1/2" | 113 1/2" | 2882.9 | 2882.9 |
| 114" | 114" | 2895.6 | 2895.6 |
| 114 1/2" | 114 1/2" | 2908.3 | 2908.3 |
| 115" | 115" | 2921.0 | 2921.0 |
| 115 1/2" | 115 1/2" | 2933.7 | 2933.7 |
| 116" | 116" | 2946.4 | 2946.4 |
| 116 1/2" | 116 1/2" | 2959.1 | 2959.1 |
| 117" | 117" | 2971.8 | 2971.8 |
| 117 1/2" | 117 1/2" | 2984.5 | 2984.5 |
| 118" | 118" | 2997.2 | 2997.2 |
| 118 1/2" | 118 1/2" | 3009.9 | 3009.9 |
| 119" | 119" | 3022.6 | 3022.6 |
| 119 1/2" | 119 1/2" | 3035.3 | 3035.3 |
| 120" | 120" | 3048.0 | 3048.0 |
| 120 1/2" | 120 1/2" | 3060.7 | 3060.7 |
| 121" | 121" | 3073.4 | 3073.4 |
| 121 1/2" | 121 1/2" | 3086.1 | 3086.1 |
| 122" | 122" | 3098.8 | 3098.8 |
| 122 1/2" | 122 1/2" | 3111.5 | 3111.5 |
| 123" | 123" | 3124.2 | 3124.2 |
| 123 1/2" | 123 1/2" | 3136.9 | 3136.9 |
| 124" | 124" | 3149.6 | 3149.6 |
| 124 1/2" | 124 1/2" | 3162.3 | 3162.3 |
| 125" | 125" | 3175.0 | 3175.0 |
| 125 1/2" | 125 1/2" | 3187.7 | 3187.7 |
| 126" | 126" | 3200.4 | 3200.4 |
| 126 1/2" | 126 1/2" | 3213.1 | 3213.1 |
| 127" | 127" | 3225.8 | 3225.8 |
| 127 1/2" | 127 1/2" | 3238.5 | 3238.5 |
| 128" | 128" | 3251.2 | 3251.2 |
| 128 1/2" | 128 1/2" | 3263.9 | 3263.9 |
| 129" | 129" | 3276.6 | 3276.6 |
| 129 1/2" | 129 1/2" | 3289.3 | 3289.3 |
| 130" | 130" | 3302.0 | 3302.0 |
| 130 1/2" | 130 1/2" | 3314.7 | 3314.7 |
| 131" | 131" | 3327.4 | 3327.4 |
| 131 1/2" | 131 1/2" | 3340.1 | 3340.1 |
| 132" | 132" | 3352.8 | 3352.8 |
| 132 1/2" | 132 1/2" | 3365.5 | 3365.5 |
| 133" | 133" | 3378.2 | 3378.2 |
| 133 1/2" | 133 1/2" | 3390.9 | 3390.9 |
| 134" | 134" | 3403.6 | 3403.6 |
| 134 1/2" | 134 1/2" | 3416.3 | 3416.3 |
| 135" | 135" | 3429.0 | 3429.0 |
| 135 1/2" | 135 1/2" | 3441.7 | 3441.7 |
| 136" | 136" | 3454.4 | 3454.4 |
| 136 1/2" | 136 1/2" | 3467.1 | 3467.1 |

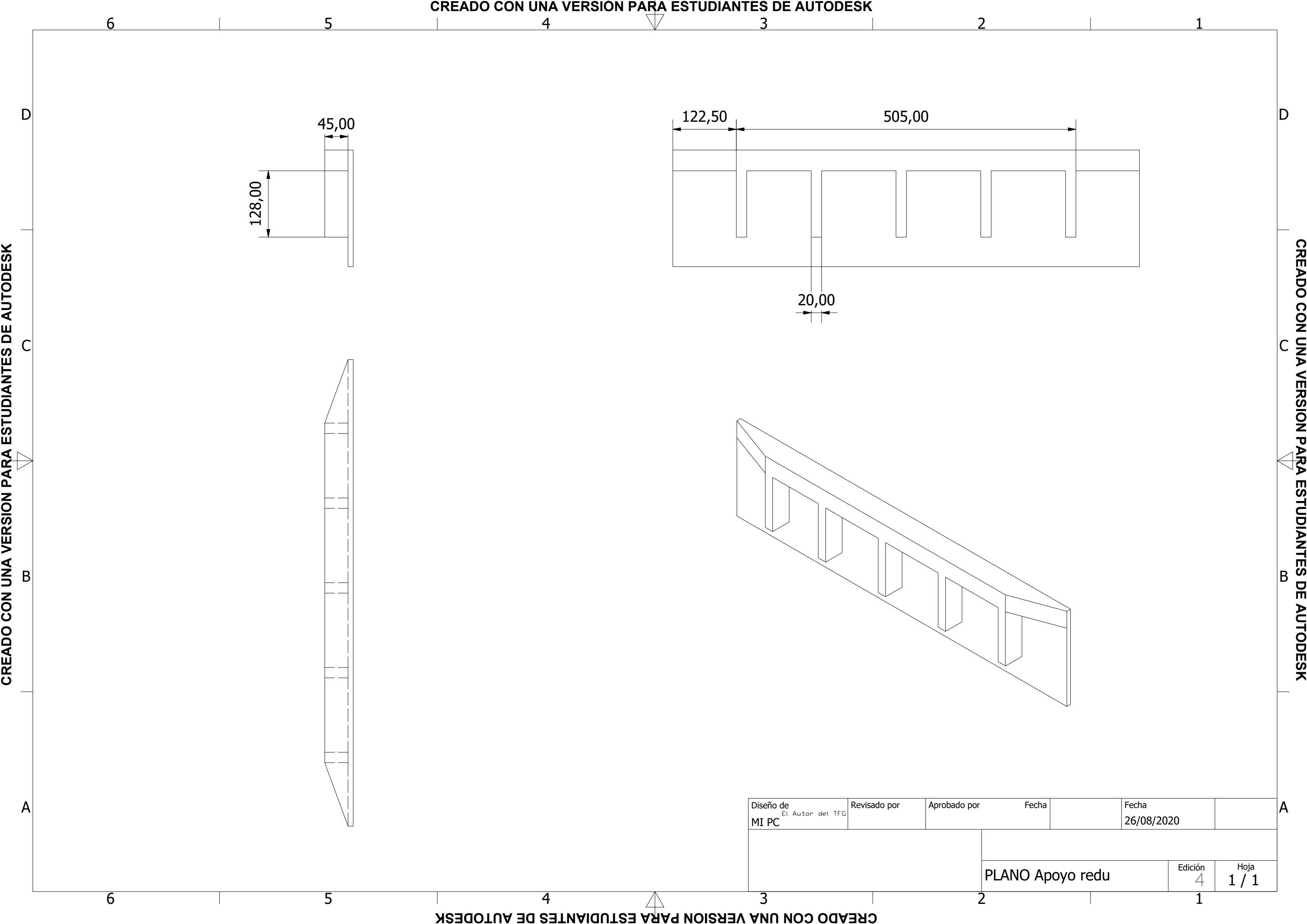


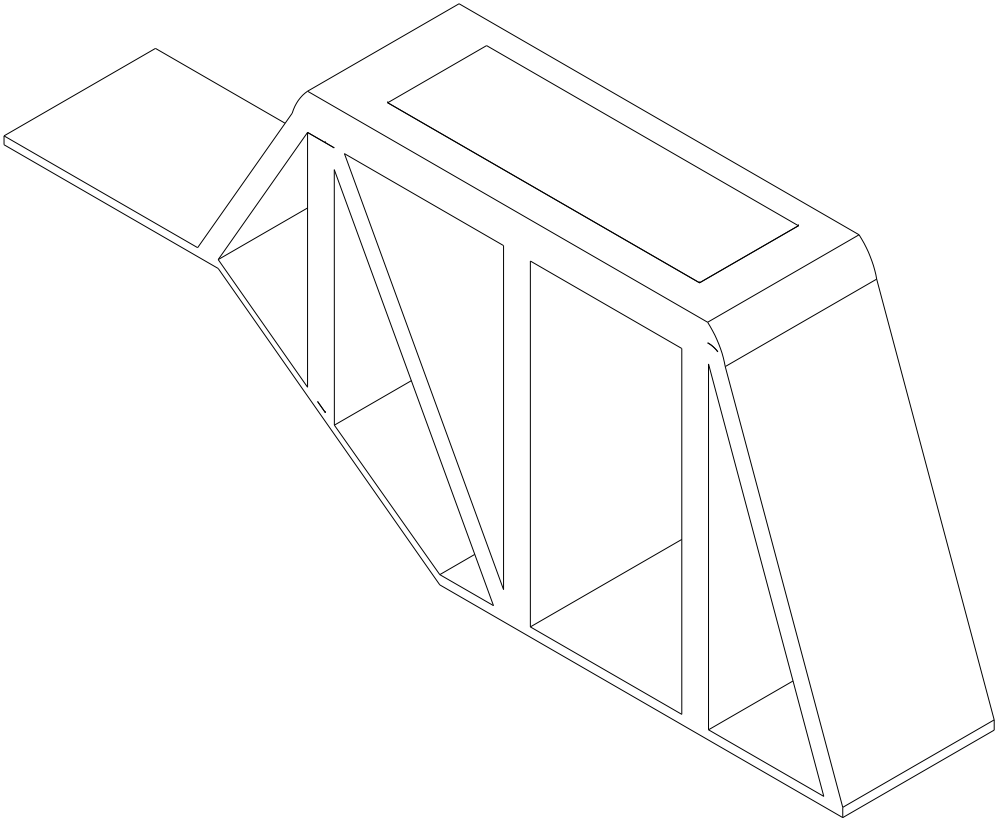
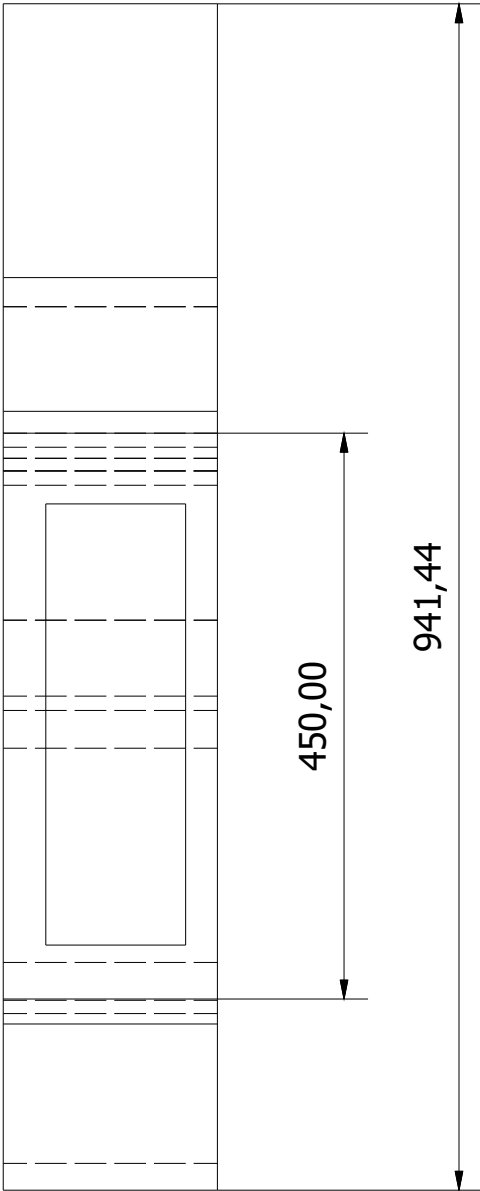
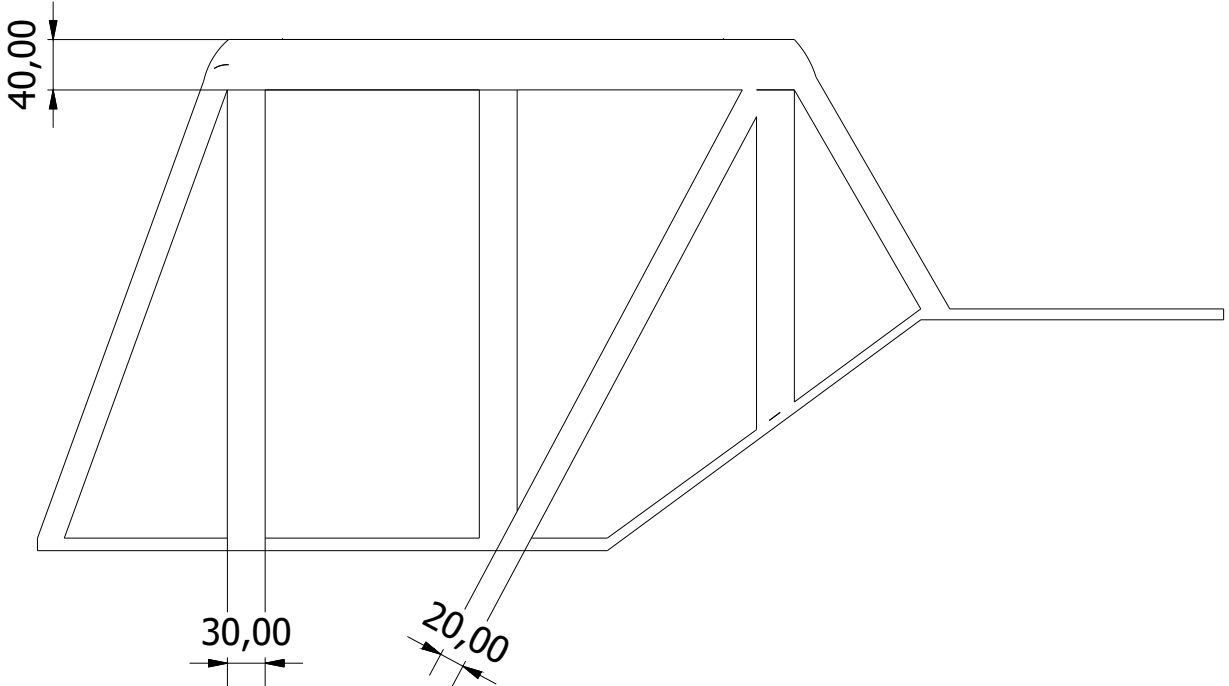
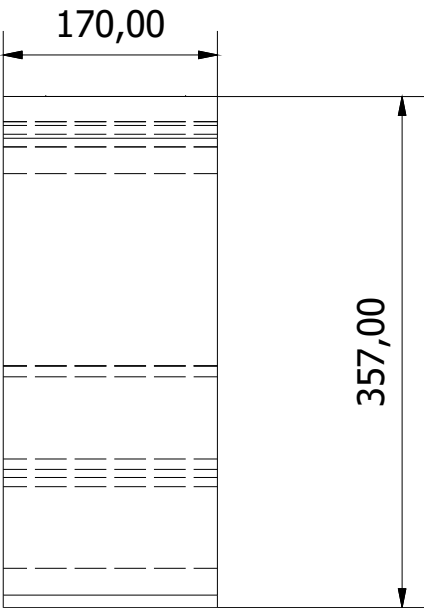
| TABLA DE LINEAS | |
|-----------------|-------------|
| | AGUA DE MAR |
| | MAQUINARIA |

| DIMENSIONES DE TUBERIAS | | | |
|-------------------------|-------|-------|--------|
| ND | Inch | D(mm) | Th(mm) |
| 1 | 1/2 | 19 | 19 |
| 2 | 3/4 | 25 | 25 |
| 3 | 1 | 32 | 32 |
| 4 | 1 1/2 | 40 | 40 |
| 5 | 2 | 51 | 51 |
| 6 | 2 1/2 | 63 | 63 |
| 7 | 3 | 76 | 76 |
| 8 | 4 | 101 | 101 |
| 9 | 6 | 152 | 152 |

| ELEMENTOS | |
|-----------|-----------------------------|
| Q.TY | DESCRIPCION |
| | VÁLVULA RINGSTON |
| | VÁLVULA DE MARIPOSA |
| | VÁLVULA DE BOLA LUG |
| | VÁLVULA DE GLOBO |
| | VÁLVULA DE BOLA WAFER |
| | JUNTAS DE GOMA |
| | VÁLVULA DE COMPUERTA |
| | COMPENSADOR AXIAL |
| | MANGUERA FLEXIBLE |
| | MEDIDOR DE PRESIÓN |
| | CONEXIÓN RÁPIDA |
| | VÁLVULA DE RETENCIÓN DE GAS |
| | VÁLVULA ELÉCTRICA |
| | VACUOMETRO |
| | CAUDALIMETRO |
| | FILTRO |

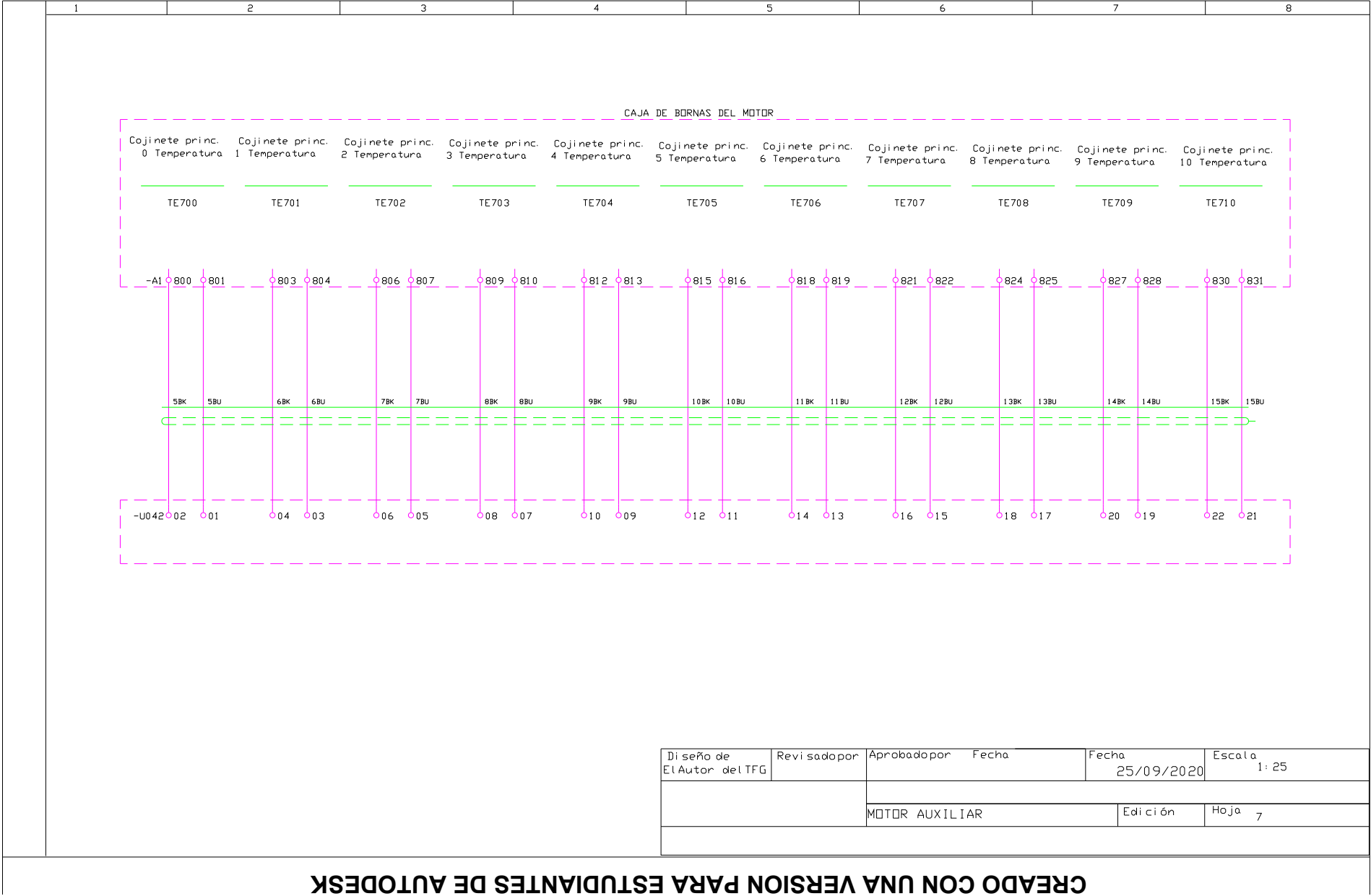
| | | | | | |
|---------------------------------|--------------|--------------|---------|------------|--------|
| Diseño de | Revisado por | Aprobado por | Fecha | Fecha | Escala |
| El Autor del TFG | | | | 01/08/2020 | 1:25 |
| MODIFICACION LINEAS AGUA SALADA | | | Edition | Hsp | |





| | | | | | |
|--------------------|----------------------------------|--------------|---------------------|---------------------|---------------|
| Diseño de MI PC | Revisado por El Autor del TFG | Aprobado por | Fecha 26/08/2020 | Fecha 26/08/2020 | |
| | | | | | |
| | | | Edición | | Hoja 1 / 1 |

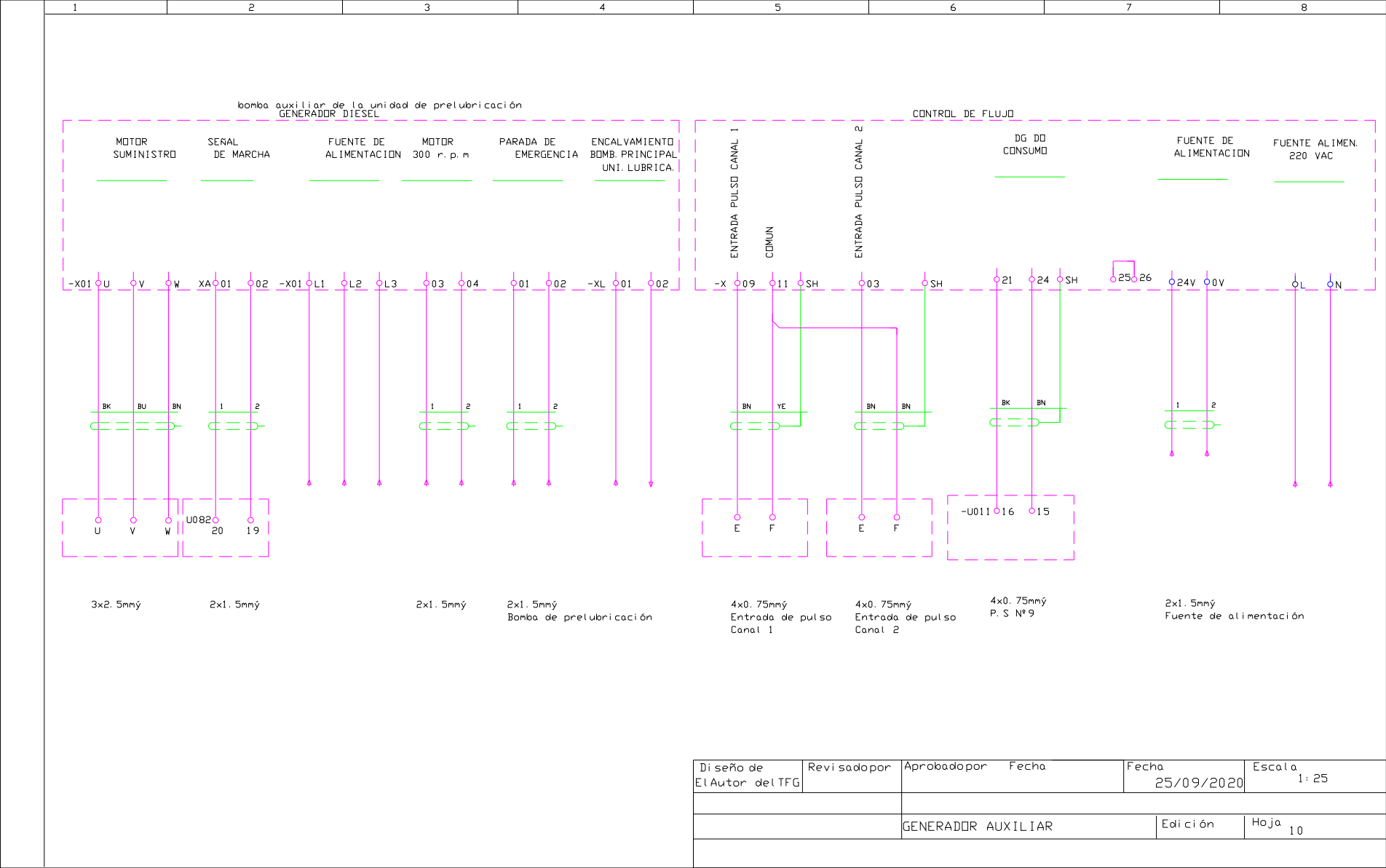
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



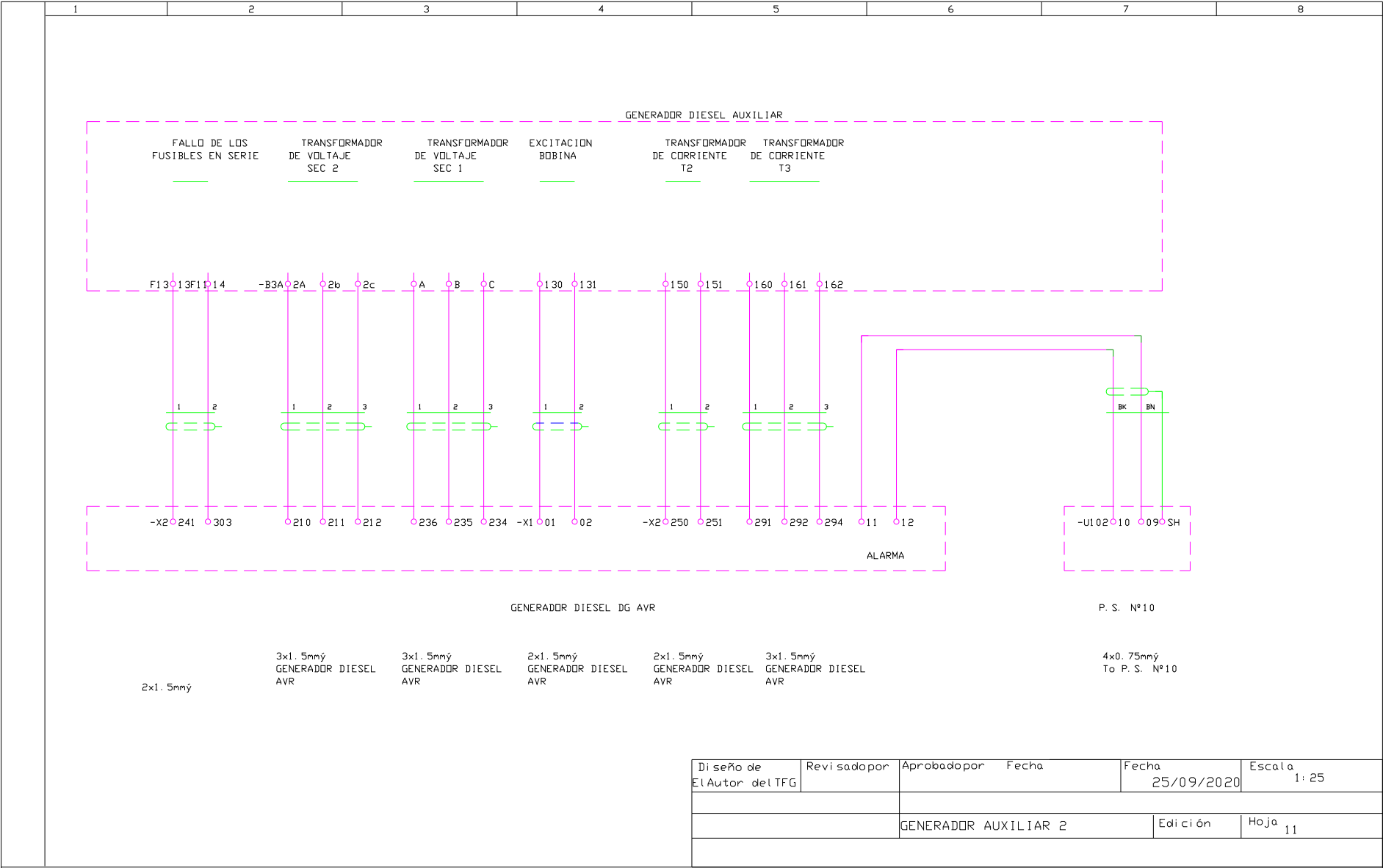
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



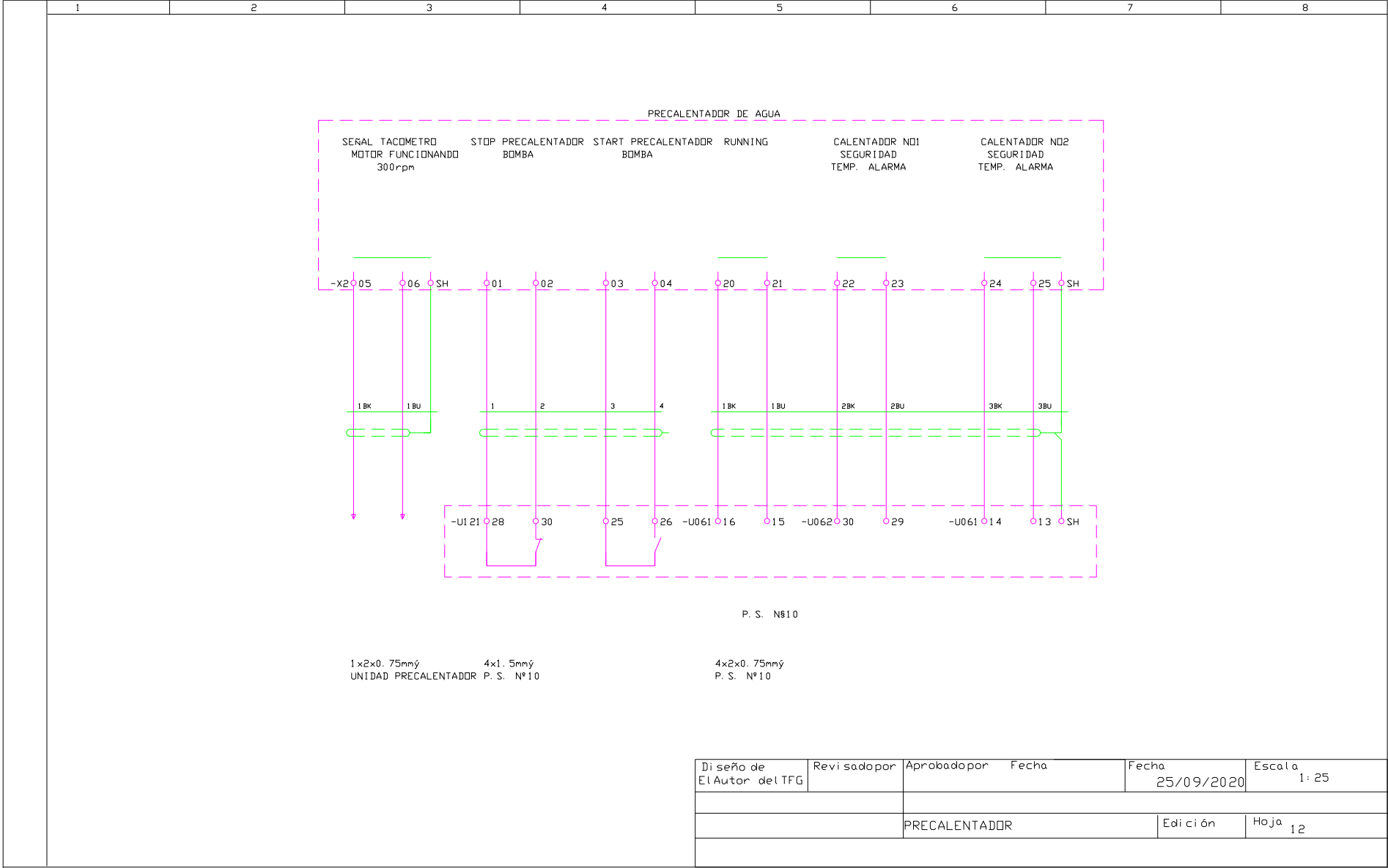
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

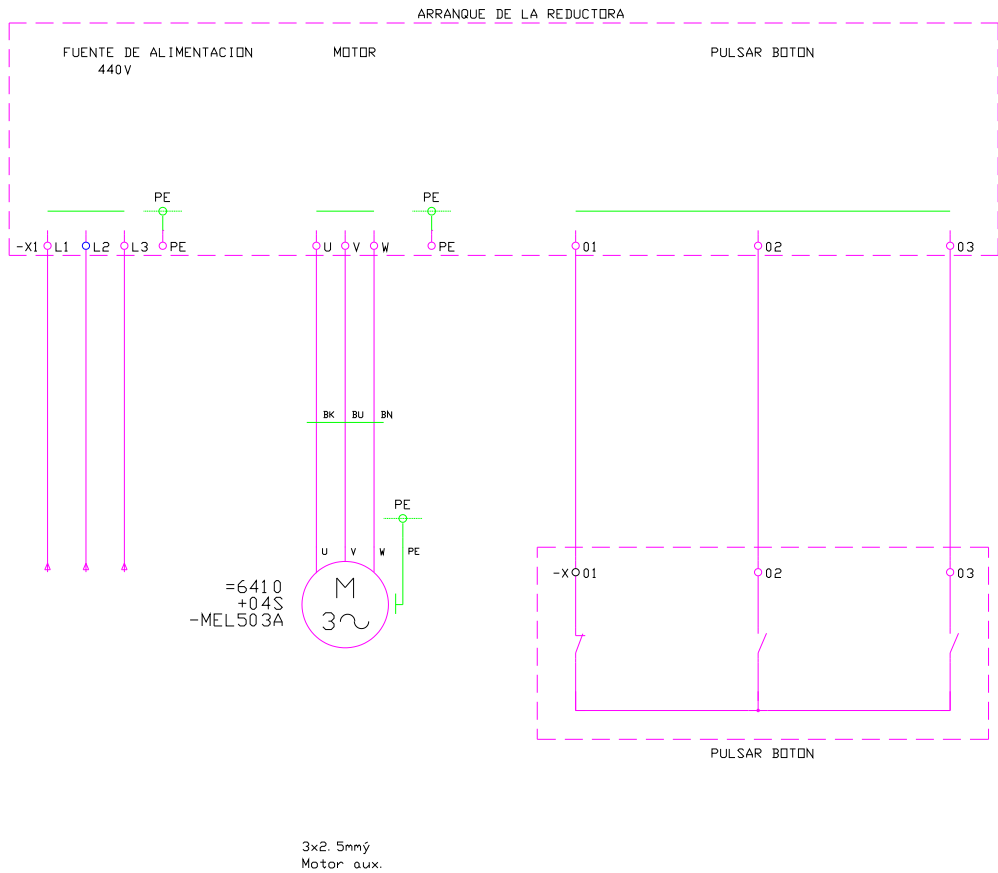


CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

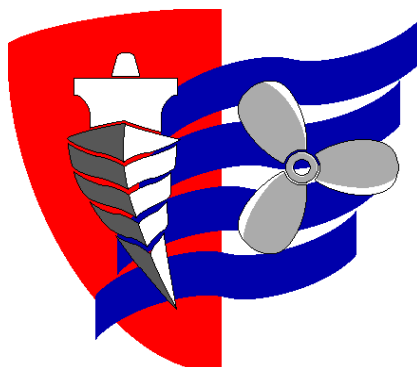




| | | | | | |
|-------------------------------|--------------|--------------|-------|---------------------|----------------|
| Diseño de El Autor del TFG | Revisado por | Aprobado por | Fecha | Fecha 25/09/2020 | Escala 1:25 |
| | | | | | |
| CONTROL DE LA REDUCTORA | | | | Edición | Hoja 13 |
| | | | | | |

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLIEGO DE CONDICIONES

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

4. PLIEGO DE CONDICIONES

4.1 GENERALIDADES

Toda modificación en este proyecto seguirá las normas dictadas por la sociedad clasificatoria RINA respecto a las modificaciones en yates, los materiales utilizados y demás.

Las normas de este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevalecerán, en su caso, sobre las de la Normativa Técnica General. Si en este Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares no figurará referencia a determinados artículos del Pliego General, se entenderá que se mantienen las prescripciones de la Normativa Técnica General.

Todos estos documentos obligarán a la redacción original con las modificaciones posteriores declaradas de aplicación obligatoria y que se declaren como tal durante el término de las obras de este proyecto.

El contratista está obligado al cumplimiento de todas las instrucciones, pliegos o normas de toda índole promulgadas para la administración del Estado, de la autonomía, del ayuntamiento y de otros organismos competentes, que tengan aplicación a las herramientas que se han de utilizar tanto si nos nombradas como si no lo son en la relación anterior, quedando a decisión del director de obra resolver cualquier discrepancia que pueda haber respecto a lo que dispone este pliego.

Serán de aplicación en cada caso como supletoria y complementaria de las contenidas en este pliego las Disposiciones y sus anexos que a continuación se relacionan, siempre que no modifiquen o contravengan a lo que en ellas se especifica.

4.2 SEGURIDAD Y SALUD

- Orden del 9 de abril de 1996: Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo Directiva 92/57/CEE del 24 de junio, (D.O: 26/08/92): Disposiciones mínimas de seguridad y salud que se han de aplicarse a las obras de construcción temporal o móvil.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de Octubre, (B.O.E. del 25 de octubre de 1997)
- Real Decreto 2177/2004 de 12 de noviembre, (B.O.E. del 13 de noviembre de 2004)
- Real Decreto 1109/2007 de 24 de agosto (B.O.E. del 26 de Agosto del 2007)

4.3 DIRECCIÓN Y DESARROLLO DE LA INSTALACIÓN

Las obras se realizarán de acuerdo con los Planos del Proyecto. Será responsabilidad del Contratista la elaboración de cuantos planos complementarios de detalle sean necesarios para la correcta instalación de los elementos nuevos a colocar.

El Contratista dispondrá durante la instalación de una copia completa de los Pliegos de Prescripciones, un juego completo de los planos del proyecto, así como copias de todos los planos complementarios desarrollados por el Contratista o de los revisados suministrados por la Dirección de Obra, junto con las instrucciones y especificaciones complementarias que pudieran acompañarlos.

Una vez finalizada la instalación y como fruto de este archivo actualizado, el Contratista está obligado a facilitar a la Propiedad y a la Dirección de Obra en soporte informático el proyecto construido, siendo de su cuenta los gastos ocasionados por tal motivo. Se acordará con la Dirección de Obra el formato de los ficheros informáticos.

4.4 RELACIONES ENTRE LOS DOCUMENTOS DEL PROYECTO Y LA NORMATIVA

4.4.1 CONTRADICCIONES ENTRE DOCUMENTOS DEL PROYECTO

En el caso de que aparezcan contradicciones entre los Documentos contractuales (Pliego de Condiciones, Planos y Cuadros de precios), la interpretación corresponderá al Director de Obra, estableciéndose el criterio general de que, salvo indicación en contrario, prevalece lo establecido en el Pliego de Condiciones.

Concretamente: Caso de darse contradicción entre Memoria y Planos, prevalecerán éstos sobre aquélla. Entre Memoria y Presupuesto, prevalecerá éste sobre aquélla. Caso de contradicción entre el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y los Cuadros de Precios, prevalecerá aquél sobre éstos. Dentro del Presupuesto, caso de haber contradicción entre Cuadro de Precios y Presupuesto, prevalecerá aquél sobre éste.

4.4.2 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA LEGISLACIÓN ADMINISTRATIVA GENERAL

En este caso prevalecerán las disposiciones generales (Leyes, Reglamentos y R.D.).

4.4.3 CONTRADICCIONES ENTRE EL PROYECTO Y LA NORMATIVA TÉCNICA

Como criterio general, prevalecerá lo establecido en el Proyecto, salvo que en el Pliego se haga remisión expresa de que es de aplicación preferente un Artículo preciso de una Norma concreta, en cuyo caso prevalecerá lo establecido en dicho Artículo.

4.4.4 SUBCONTRATOS

Ninguna parte de la obra podrá ser subcontratada sin consentimiento previo, solicitado por escrito, del Director de la Obra. Dicha solicitud incluirá los datos precisos para garantizar que el subcontratista posee la capacidad suficiente para hacerse cargo de los trabajos en cuestión. La aceptación del subcontrato no relevará al Contratista de su responsabilidad contractual. El Director de la Obra estará

facultado para decidir la exclusión de aquellos subcontratistas que, previamente aceptados, no demuestren durante los trabajos poseer las condiciones requeridas para la ejecución de los mismos.

El Contratista deberá adoptar las medidas precisas e inmediatas para la rescisión de dichos subcontratos.

4.4.5 ENSAYOS Y RECONOCIMIENTOS DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Los ensayos y reconocimientos más o menos minuciosos verificados durante la instalación, no tienen otro carácter que el de simples antecedentes para la recepción. Por consiguiente, la admisión de materiales, fábricas o instalaciones en cualquier forma que se realice, antes de la recepción, no atenúa las obligaciones a subsanar o reponer que el Contratista contrae si las obras resultasen inaceptables, parcial o totalmente, en el momento de la recepción definitiva.

4.4.6 CASOS DE RESCISIÓN

En los casos de rescisión, bajo ningún pretexto podrá el Contratista retirar de las inmediaciones de las obras ninguna pieza y elemento del material de las instalaciones, pues la Administración podrá optar por retenerlo, indicando al Contratista lo que desea adquirir previa valoración por períodos o por convenio con el Contratista. Este deberá retirar lo restante en el plazo de tres meses, entendiéndose por abandono lo que no retire en dicho plazo.

4.4.7 OBRAS CUYA EJECUCIÓN NO ESTÁ TOTALMENTE DEFINIDA EN ESTE PROYECTO

Las obras/instalaciones cuya ejecución no esté totalmente definida en el presente Proyecto, se abonarán a los precios del Contrato con arreglo a las condiciones de la misma y a los proyectos particulares que para ellas se redacten.

4.4.8 CONSTRUCCIONES AUXILIARES Y PROVISIONALES

El Contratista queda obligado a construir por su cuenta, y a retirar al final de la instalación, todas las edificaciones provisionales y auxiliares para oficinas, almacenes, cobertizos, caminos de servicio provisionales, etc.

Todas estas obras estarán supeditadas a la aprobación previa del Ingeniero Director de la Obra, en lo referente a ubicación, cotas, etc.

4.5 NORMATIVAS Y PRUEBAS

En la Memoria del Proyecto se incluye un apartado específico referente a la Normativa que se debe cumplir siguiendo las siguientes prioridades:

- Reglamentos relativos a las soldaduras
- Reglamentos sobre la aprobación de materiales
- Reglamentos sobre las evaluaciones

4.5.1 MODIFICACIONES

Toda modificación que se pretenda incorporar al proyecto, por parte del contratista o de cualquiera de sus subcontratas, deberá ser sometida a la Dirección Facultativa que tendrá que aprobar por escrito cualquier cambio que se produzca y facilitar los planos de detalle suficientes para la correcta ejecución de la instalación.

4.5.2 MATERIALES

Todos los materiales se ajustarán a sus características y calidades de lo reflejado en los Documentos de Proyecto. Además, deberán estar debidamente homologados y, en el caso de que no sea así, tendrán que estar contrastados por un laboratorio de ensayos homologados para este tipo de trabajos.

Con el objeto de comprobar la calidad de los materiales, el contratista estará

obligado a presentar a la Dirección Facultativa una muestra de todos los materiales que se utilicen para su aprobación. Una vez aprobados, los materiales se almacenarán convenientemente como muestras, no empleando bajo ningún concepto materiales de distinta calidad a los de muestra.

A la llegada de los materiales, se comprobará su correspondencia con el Proyecto revisando las placas y la documentación acreditativa de la homologación de aparatos.

No se podrá sustituir ningún material por otro, aun siendo similar, ni instalar aparatos de marcas o modelos distintos sin autorización escrita de la Dirección Facultativa. Los materiales que presenten defectos como picaduras, mal aspecto, etc. serán desechados incluso después de haber realizado su montaje.

4.5.3 PRUEBAS

Durante la ejecución de la instalación se irán realizando pruebas de los diferentes elementos que lo permitan como pruebas de presión de las tuberías, pruebas de esfuerzos en las ampliaciones...

Una vez finalizada la instalación, se realizarán las pruebas finales de funcionamiento de todos los equipos instalados.

4.5.4 RECEPCIÓN PROVISIONAL

Si los resultados de las pruebas finales son satisfactorios, se procederá a la recepción provisional de la instalación dando por finalizado el montaje de la misma. En ese momento, se debe hacer entrega de la siguiente documentación a la Propiedad:

- Copia de los proyectos específicos con trazado real de los elementos.
- Esquemas de funcionamiento según las distintas reglamentaciones para su colocación en máquinas, cuadros, etc. Además, códigos de colores para identificación de tuberías, fabricantes y características

de funcionamiento.

- Hoja de resultados de las pruebas finales.
- Manuales de instrucciones.
- Acta de recepción firmada por la Propiedad, contratista y Dirección Facultativa.
- Libros de mantenimiento.

4.5.5 RECEPCIÓN DEFINITIVA

Una vez transcurrido el periodo de garantía, estimado en un año salvo pacto de otro período de tiempo por las partes interesadas, y si el funcionamiento de los elementos es correcto se dará la instalación por correcta definitivamente.

4.5.6 AYUDAS

Serán proporcionadas por el contratista en forma de medios mecánicos y personales para el correcto desarrollo de la instalación.

4.5.7 PERSONAL

El contratista presentará mensualmente la justificación suficiente de que todas las personas que se encuentren trabajando en la instalación disponen de cobertura legal.

4.5.8 RECUBRIMIENTOS

Los recubrimientos a emplear serán los definidos en la Memoria siendo de primeras marcas o similares con las características y densidades que se indiquen.

4.5.9 EQUIPOS Y MONTAJE

No se podrá instalar aparatos de marcas o modelos distintos sin autorización.

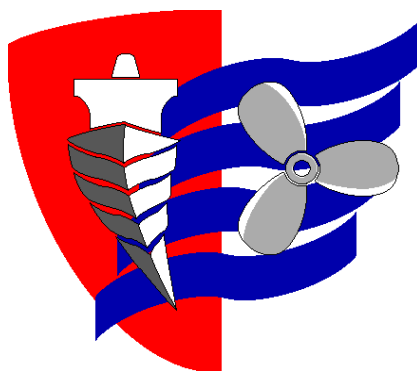
Se prestará un cuidado especial en el montaje y colocación de los diferentes elementos y equipos que componen el sistema. No pudiendo haber fallos en el material ni en el funcionamiento de equipos de protección catódica

4.5.10 PLANOS

Se respetarán todos los detalles constructivos definidos en los planos.

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PRESUPUESTO

GRADO EN INGENIERÍA MARINA

5. PRESUPUESTO

1. MOTORES Y REDUCTORAS

| CONCEPTO | PRECIO/UNIDAD | UNIDADES | TOTAL |
|--|-----------------|----------|-----------|
| Motor MAN D2868 LE443 v8 | 80.200 €/Unidad | 2 | 160.400 € |
| REDUCTORA REINTJES WAF 344 | 32.750 €/Unidad | 2 | 65.500 € |
| EXTENSIONES CUADERNA PARA MOTOR | 1.000 €/Unidad | 2 | 2.000 € |
| EXTENSIONES CUADERNA PARA REDUCTORA | 500 €/Unidad | 2 | 1.000 € |
| ESCAPES EN ACERO INOXIDABLE | 1.500 €/Unidad | 2 | 3.000 € |
| MANO DE OBRA | | | 10.000 € |
| TOTAL | | | 236.900 € |

2. AISLAMIENTOS

| CONCEPTO | PRECIO/UNIDAD | UNIDADES | TOTAL |
|-------------------------------|---------------|----------|-------|
| MANTAS AISLANTES FIRWIN | 400 €/UNIDAD | 2 | 800 € |
| MANO DE OBRA | | | 100 € |
| TOTAL | | | 900 € |

[22]

3. CIRCUITO DE AGUA SALADA

| CONCEPTO | PRECIO/UNIDAD | UNIDADES | TOTAL |
|--|---------------|----------|----------|
| TUBERIA DE 2'' DE ACERO INOXIDABLE | 45,60 €/metro | 1750mm | 79,8 € |
| CODOS ACERO INOXIDABLE | 8,40 €/Unidad | 5 | 42 € |
| MANO DE OBRA | | | 900 € |
| TOTAL | | | 1021,8 € |

4. CIRCUITO DE COMBUSTIBLE

| CONCEPTO | PRECIO/UNIDAD | UNIDADES | TOTAL |
|--|---------------|----------|---------|
| TUBERIA DE 2'' DE ACERO INOXIDABLE | 45,60 €/metro | 1438mm | 65,6 € |
| CODOS ACERO INOXIDABLE | 8,40 €/Unidad | 4 | 33,6 € |
| MANO DE OBRA | | | 900 € |
| TOTAL | | | 999,2 € |

[23]

5. ESCAPES

| CONCEPTO | PRECIO/UNIDAD | UNIDADES | TOTAL |
|---------------------------------|---------------|----------|--------|
| PLANCHAS ACERO INOXIDABLE | 13,29/Unidad | 1 | 13,29 |
| MANO DE OBRA | | | 500 |
| TOTAL | | | 513,29 |

PRESUPUESTO TOTAL

| | |
|-------------------------|---------------------|
| MOTORES Y REDUCTORAS | 236.900 € |
| AISLAMIENTO | 900 € |
| CIRCUITO DE AGUA SALADA | 1021,8 € |
| CIRCUITO DE COMBUSTIBLE | 999,2 € |
| ESCAPES | 513,29 |
| TOTAL | 239.334,29 € |

13 % De gastos generales: 31.243,45 €

6% De beneficio industrial: 14.360,05 €

BASE IMPONIBLE: 284.937,79 €

I.V.A (21%) 59.838,93 €

TOTAL: 344.774,72 €

TOTAL: trescientos cuarenta y cuatro mil setecientos setenta y cuatro con setenta y dos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] *Tipos de charter. Alquiler de barcos* (no date). Available at: http://www.fondear.com/Todo_Charter/Tipos_Charter/TiposCharter/Tipos.htm (Accessed: 10 August 2020)

- [2] *El chárter náutico, una forma de turismo en España con muchas posibilidades - Naucher* (no date). Available at: <https://www.naucher.com/actualidad/el-charter-nautico-una-forma-de-turismo-en-espana-con-muchas-posibilidades/> (Accessed: 10 August 2020).

- [3] *Arrendamiento náutico / Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana* (no date). Available at: <https://www.mitma.gob.es/marina-mercante/nautica-de-recreo/contratos-especiales/arrendamiento/arrendamiento-de-embarcaciones-de-recreo> (Accessed: 10 August 2020).

- [4] *Normativa, Tecnologías y Modificaciones para Reducir las Emisiones* (no date). Available at: <https://ingenieromarino.com/normativa-tecnologias-y-modificaciones-para-reducir-las-emisiones-de-sox-y-nox-a-la-atmosfera/> (Accessed: 13 August 2020).

- [5] *Óxidos de nitrógeno (NOx) – Regla 13* (no date). Available at: [http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Nitrogen-oxides-\(NOx\)---Regulation-13.aspx](http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Nitrogen-oxides-(NOx)---Regulation-13.aspx) (Accessed: 13 August 2020).

- [6] *Óxidos de azufre (SOx) – Regla 14* (no date). Available at: [http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Sulphur-oxides-\(SOx\)---Regulation-14.aspx](http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Sulphur-oxides-(SOx)---Regulation-14.aspx) (Accessed: 20 August 2020).

- [7] *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - EcuRed* (no date). Available at: https://www.ecured.cu/Programa_de_las_Naciones_Unidas_para_el_Medio_Ambiente (Accessed: 20 August 2020).

- [8] *EUR-Lex- 52002DC0595 - ES* (no date). Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52002DC0595&from=IT> (Accessed: 20 August 2020).

- [9] *Información general* (no date). Available at: <https://spain.man-es.com/sistemas-propulsivos-marinos> (Accessed: 10 August 2020).

- [10] *MAN – pasch.es* (no date). Available at: https://pasch.es/?page_id=1671 (Accessed: 10 August 2020).

- [11] *Sistemas de potencia marinos / Cat / Caterpillar* (no date). Available at:

- https://www.cat.com/es_ES/products/new/power-systems/marine-power-systems.html (Accessed: 10 August 2020).
- [12] *Descripción y funcionamiento del motor marino Caterpillar 3618* (no date). Available at: <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/3126> (Accessed: 10 August 2020).
- [13] *Cummins Engines / Cummins Europe* (no date). Available at: <https://cumminseurope.com/es/engines> (Accessed: 10 August 2020).
- [14] *Marine / Cummins Europe* (no date). Available at: <https://cumminseurope.com/es/engines/marine> (Accessed: 10 August 2020).
- [15] *Reductores de velocidad: principales aplicaciones y cómo mejorar su funcionamiento – Blog CLR* (no date). Available at: <https://clr.es/blog/es/reductores-velocidad-funcionamiento/> (Accessed: 10 August 2020).
- [16] *Inversora Reductora* (no date). Available at: http://www.fondear.org/infonautic/Barco/Motores_Helices/Inversora/Reductora_Motor.asp (Accessed: 10 August 2020).
- [17] *Produkte / REINTJES GmbH* (no date). Available at: <https://www.reintjes-gears.de/en/produkte> (Accessed: 10 August 2020).
- [18] *RINA Rules - RINA.org* (no date). Available at: <https://www.rina.org/en/rules> (Accessed: 10 August 2020).
- [19] *Qué tipo de soldadura se utiliza para acero inoxidable - GNC* (no date). Available at: <http://www.gnccaldereria.es/que-tipo-de-soldadura-se-utiliza-para-acero-inoxidable/> (Accessed: 14 August 2020).
- [20] *El colector de admisión y el colector de escape* (no date). Available at: <https://www.actualidadmotor.com/el-colector-de-admision-y-el-colector-de-escape/> (Accessed: 10 August 2020).
- [21] *Removable Insulation Blankets for Elbows on Firwin Corp.* (no date). Available at: <https://removable-insulation-blankets.firwin.com/viewitems/removable-insulation-blankets/elbow-insulation> (Accessed: 11 August 2020).
- [22] *Marine Industry / Insulation Solutions / Firwin* (no date). Available at: <https://www.firwin.com/insulation-solutions-by-industry/marine-industry/> (Accessed: 10 August 2020).
- [23] *Codos de acero inoxidable / Tiendale.com* (no date). Available at: <https://tiendale.com/herramientas/codos/codos-de-acero-inoxidable/> (Accessed: 11 August 2020).

AVISO:

Este documento es el resultado del Trabajo Fin de Grado de un alumno, siendo su autor responsable de su contenido.

Se trata por tanto de un trabajo académico que puede contener errores detectados por el tribunal y que pueden no haber sido corregidos por el autor en la presente edición.

Debido a dicha orientación académica no debe hacerse un uso profesional de su contenido.

Este tipo de trabajos, junto con su defensa, pueden haber obtenido una nota que oscila entre 5 y 10 puntos, por lo que la calidad y el número de errores que puedan contener difieren en gran medida entre unos trabajos y otros,

La Universidad de Cantabria, la Escuela Técnica Superior de Náutica, los miembros del Tribunal de Trabajos Fin de Grado así como el profesor tutor/director no son responsables del contenido último de este Trabajo.